Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist an der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt (http://www.ub.tuwien.ac.at).

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology (http://www.ub.tuwien.ac.at/englweb/).

Technische Universität Wien

Masterarbeit

„Aneignung von räumlichem Wissen unter Einsatz von elektronischen Navigationshilfen mit Möglichkeit zur Selbstverortung“

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines Diplom-Ingenieurs
unter der Leitung von

Univ.Prof. Mag.rer.nat. Dr.rer.nat. Georg Gartner

E 127 Institut für Geoinformation und Kartographie
Forschungsgruppe Kartographie

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

Christian Wampera

Matrikel Nummer 9607679

Simonsgasse 12/6/1
1220 Wien

Wien, am 11. Dezember 2008

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Frage, welchen Einfluss der Einsatz von elektronischen Navigationshilfen mit Möglichkeit zur Selbstverortung (ENMS) auf die Bildung kognitiver Karten ausübt.

Es wird angenommen, dass der Einsatz von ENMS zu geringerem räumlichen Wissen führt, als es bei Verwendung einer herkömmlichen Karte zu erwarten ist.

Herangehensweise

Zur Untersuchung der aufgestellten Hypothese wird die Natur und Struktur räumlichen Wissens genauer untersucht. Es wird ein Überblick über die, für die Bildung räumlichen Wissens relevanten Möglichkeiten der Wahrnehmung gegeben. Anschließend wird die Natur kognitiver Karten als Form der mentalen Repräsentation des betrachteten Raumes dargelegt. Die so gewonnenen Erkenntnisse lassen sich mit dem Wissen über die Vorgänge beim Ablegen der räumlichen Informationen im menschlichen Gedächtnis - es handelt sich um eine Form des Lernens - kombinieren.

Zur Überprüfung der gewonnenen theoretischen Erkenntnisse wurde im Rahmen dieser Arbeit eine Untersuchung durchgeführt, deren Ergebnisse vorgestellt werden.

Ergebnisse

Die Bildung einer kognitiven Karte stellt eine Form von Lernprozess dar, bei dem Informationen über die Umwelt in das Langzeitgedächtnis überführt werden. Dazu werden die Informationen zunächst interpretiert und schließlich strukturiert in ein mentales Modell unserer Umwelt eingebettet. Ob und wie gut sich das Wissen über den Raum im Gedächtnis verankern lässt, hängt davon ab, auf welche Art und Weise das betreffende Gebiet erschlossen wird. Dazu werden zwei unterschiedliche Möglichkeiten vorgestellt. Auf der einen Seite steht hier die elaborative Erarbeitung des Wissens unter Einsatz kognitiver Leistung, auf der anderen Seite die Erschließung des Raumes durch Führung - Guidance. Im ersten Fall werden die räumlichen Informationen selbst erschlossen und

durch tiefergehende Beschäftigung damit im Langezeitgedächtnis verankert. Bei der Nutzung von z.B. ENMS[1] werden die Informationen über den Raum nur *en passant* aufgenommen aber nicht weiter verankert.
Die praktische Untersuchung der Fragestellung wird in Form eines Realexperiments durchgeführt, wobei die Bildung räumlichen Wissens unter beiden Bedingungen (Verwendung einer Karte/ ENMS) untersucht und verglichen wird. Die Auswertung der Ergebnisse stützt die Hypothese, nämlich dass die Verwendung von ENMS die Bildung räumlichen Wissens negativ beeinflusst. Es wird gezeigt, dass bei den Durchgängen mit Karte besseres räumliches Wissen bei den Probanden festzustellen ist, als bei jenen mit ENMS. Ähnlich verhält es sich bei der Analyse der Ergebnisse einer ebenfalls durchgeführten Aufgabe zur Einschätzung der Richtung zu einem bestimmten Punkt. Während und nach den Kartendurchgängen sind deutlich geringere Abweichungen zwischen tatsächlicher und geschätzter Richtung feststellbar.

Schlussfolgerungen

Der Umstand, dass die Bildung von räumlichen Wissen durch ENMS nicht gefördert wird, wie dies bei einer Karte der Fall wäre, führt zur Frage nach der praktischen Bedeutung von räumlichem Wissen.

Je nach persönlicher Situation kann der verhältnismäßige Mangel an räumlichem Wissen verschiedene Auswirkungen haben. Für eine Person, die eine gelegentliche Reise in eine fremde Stadt unternimmt, ist der Einsatz des ENMS sicher kein Problem. Der Ausfall des Gerätes in der fremden Umgebung lässt sich beispielsweise durch das Befragen von Passanten kompensieren. Im Falle von Einsatzkräften, wie z.B. der Rettung, kann nicht von den selben Voraussetzungen ausgegangen werden - hier muss eine permanente Orientierungsfähigkeit gewährleistet bleiben.

[1] Dies betrifft jedoch nicht ausschließlich den Einsatz von ENMS, sondern auch wenn etwa auf die Hilfe des Beifahrers zurückgegriffen wird.

Abstract

The question subject to this thesis is whether the use of location aware electronic navigational aids results in a decrease of acquired spatial knowledge, as supposed in the present work.

Choosen Approach

In order to test the supposed hypothesis, the structure of spatial knowledge is subject to analysis. First, an overview on the channels of perception relevant to the formation of spatial knowledge is given. Subsequently, the structure of spatial knowledge as a form of mental representation of the environment is presented. The insights on the subject are to be extended by knowledge on the transition of environmental information to the long time memory.

Finally the results of a study undertaken on the subject to support the theoretical framework of this thesis are presented.

Results

The formation of cognitive maps is understood as a learning process in which information about the environment is integrated into the long term memory. To accomplish this, the data is to be interpreted and nested into the mental representation of the environment. The way information on spatial reality is aquired determines how strong the data is anchored to the memory. There are two fundamental options presented for negotiating the environment. On the one hand there is the use of traditional maps which goes along with a more thorough elaboration of information provided by the map, thus supporting the development of spatial knowledge. On the other hand navigating through the environment under guidance offers rather shallow information on the environment and provides less support to the formation of a cognitive map.

The study adressed above has been conducted under real conditions and is aimed to compare the acquisition of spatial knowledge under the deployment of maps and under

the condition of guidance on the opposite. The results support the hypothesis. The subjects perfomed better in the the test deploying maps than in those where the electronic navigational aids came to use.

Similar results can be observed in a task on the ability to estimate the direction to a given point. Using a map results in a lesser deviation from the right direction.

Conclusion

As electronic navigational aids seem to be inferior to classic maps regarding the acquisition of spatial knowledge the general value of spatial knowledge is to be questioned.

The effect of limited spatial knowledge, is dependent on the specific situation it occurs. When using an electronic navigational aid travelling for leisure every now and then, a sudden malfunctioning of the device won't cause any serious problems. You can always ask somebody for directions.

The situation is different concerning paramedics, firefighters, or the police. In this case time is a critical factor, and a malfunction of the device could be fatal.

Vorwort

In manchen 'Ratgebern' wird darauf hingewiesen, dass das Vorwort keinen verpflichtenden Bestandteil einer Diplomarbeit darstellt. Manche meinen sogar, das Vorwort sei entbehrlich. Dieser Meinung kann ich mich nicht anschließen.
Die Erstellung einer Diplomarbeit ist ein aufwendiges und zeitintensives Unterfangen und ist ohne die Hilfe und das Verständnis Anderer nur schwer, vielleicht in manchen Fällen auch gar nicht zu bewältigen. Deshalb ist es meiner Ansicht nach mehr als angemessen diesen Menschen zumindest einige Zeilen und Gedanken zu widmen.

Als erstes gilt mein Dank meiner Lebensgefährtin Katharina Krischke. Ohne ihre unendliche Geduld, Unterstützung und Liebe wäre es mir nicht möglich gewesen das Studium oder auch diese Arbeit abzuschließen. Dafür möchte ich mich aus tiefstem Herzen bei ihr bedanken.

Ich möchte mich auch bei meinen Eltern, Gerald und Eva Maria, bedanken. Trotz meiner, für sie mit Sicherheit sehr aufregenden Kindheit und Jugend, haben sie nicht aufgehört mir ihre in jeder Hinsicht liebevolle Unterstützung zuteil werden zu lassen.

Meiner Mutter, durch welche ich bereits in frühester Kindheit mit der Materie der Raumplanung in Berührung kam, danke ich für die in meiner Erziehung allgegenwärtigen und energischen Forderung, mich niemals nur oberflächlich mit der Umwelt zu befassen. Meinem Vater danke ich für seine Unterstützung und Hilfsbereitschaft sowie dem menschlichen Vorbild, das er mir bietet.

Meiner Schwester Heidelinde danke ich für die einmalige Teamarbeit während des gemeinsamen Studiums und ihrer großen Hilfe im Rahmen dieser Arbeit.

Professor Georg Gartner schulde ich Dank für die Möglichkeit, dass ich dieses großartige Thema bearbeiten konnte, und ich dabei meine eigenen Erfahrungen machen konnte ohne gedrängt zu werden. Dadurch war es mir möglich eine Vielzahl an Erkenntnissen für mich zu erschließen.

Felix Ortag danke ich für die Hilfe, die er mir bei der Durchführung des empirischen Teils dieser Arbeit war. Ohne sein Engagement wäre diese Untersuchung nicht durchführbar gewesen.

Mein besonderer Dank gilt Alexandra Millonig. Trotz ihrer zahlreichen Aufgaben beruflicher und privater Natur, fand sie immer Zeit, um mir bei Problemen und Fragen umfassend zur Seite zu stehen. Sie bemühte sich stets mich zu motivieren und half mir damit in meiner Arbeit Fortschritte zu erzielen. Ihre konstruktive Kritik und Lob haben diese Arbeit geformt. Vielen Dank für die Unterstützung!

Geschlechtergerechte Sprache

In vorliegender Arbeit verzichte ich auf die Anwendung geschlechtssensibler Bezeichnungen. Ich bin überzeugt davon, dass Frauen in vielen Situationen benachteiligt werden und dass dies ein Unrecht darstellt. Ich bezweifle allerdings, dass die Verwendung des 'Binnen-I' zu einer Verbesserung dieser Situation beiträgt. Verschiedene Institutionen bieten Leitfäden für geschlechtergerechtes Formulieren an. Häufig richten sich diese Leitfäden an die Mitarbeiter der entsprechenden Institutionen, die diese dann entsprechend umsetzen. Im Alltag kommen diese Formulierungen kaum zum Einsatz. Dafür lässt sich aber immer wieder beobachten, wie die Anwendung geschlechtergerechter Sprache sogar zum Ziel des Spotts wird. Das ist für mich ein Zeichen, dass das notwendige Umdenken hier noch nicht stattgefunden hat und die Verwendung entsprechender Formulierungen offenbar auch nicht dazu beiträgt. Vielmehr noch scheint es als beschränkt sich die 'Gleichberechtigung' auf diese Formulierungen. Meiner Meinung nach soll Gleichberechtigung in Taten und nicht nur halbherzig in Worten umgesetzt werden. Ein deutliches Signal dafür wäre z.B. die gleiche Entlohnung von Frauen und Männern.
Dementsprechend bezeichne ich in vorliegender Arbeit mit Begriffen wie 'Teilnehmer' sowohl Frauen als auch Männer.

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung **10**

1.1 Was ist der Raum? . . . 10
1.2 Begriff der kognitiven Karte . . . 12
1.3 Aneignung räumlichen Wissens . . . 13
1.4 Hypothese . . . 13
1.5 Thematische Abgrenzung . . . 14
1.6 Herangehensweise und Aufbau . . . 15

2 Wahrnehmung **16**

2.1 Visuelle Wahrnehmung . . . 17
2.1.1 Das Auge . . . 18
2.1.2 Perspektive . . . 18
2.1.3 Räumliche Tiefe . . . 20
2.2 Kinästhesie . . . 20
2.3 Gleichgewichtssinn und Gehör . . . 21
2.4 Neurologische Aspekte der Wahrnehmung . . . 22
2.5 Schlussfolgerungen . . . 24

3 Mentale Repräsentation des Raumes - Kognitive Karte **25**

3.1 Konzeptuelles Wissen . . . 26
3.2 Mental Images . . . 28
3.3 Räumliches Wissen . . . 29
3.3.1 Landmarken . . . 31
3.3.2 Landmarkenwissen - Routenwissen - Überblickswissen . . . 33
3.3.3 Entwicklungspsychologische Voraussetzungen . . . 35
3.4 Kognitive Karte . . . 36
3.5 Aneignungsbedingte Unterschiede bei der Bildung kognitiver Karten . . . 40
3.5.1 Informationsgewinn im Zuge der Exploration . . . 42
3.5.2 Informationsgewinn unter Verwendung von Karten . . . 45

3.5.3 ENMS . . . 48
3.5.4 Guidance . . . 51
3.6 Gedächtnis . . . 52
3.6.1 Gedächtnismodell . . . 53
3.6.2 Gedächtnisleistung . . . 56
3.7 Schlussfolgerungen . . . 59

4 Empirische Untersuchung 67
4.1 Fragestellung . . . 67
4.2 Realexperiment . . . 67
4.3 Versuchsaufbau . . . 69
4.3.1 Versuchsraum . . . 69
4.3.2 Teilnehmer . . . 70
4.3.3 Hilfsmittel . . . 72
4.3.4 Ablauf . . . 72
4.4 Ergebnisse . . . 75
4.4.1 Analyse der Kartenskizzen . . . 76
4.4.2 Analyse des erworbenen Detailwissens . . . 77
4.4.3 Analyse des Einflusses von Wiederholung und Elaboration . . . 79
4.4.4 Analyse des Einflusses der Aufenthaltsdauer . . . 80
4.4.5 Analyse der Aufgaben zur Richtungseinschätzung . . . 82
4.4.6 Analyse der Entfernungseinschätzung . . . 85
4.4.7 Selbsteinschätzung der Teilnehmer . . . 86

5 Schlussfolgerungen 90
5.1 Wichtige Erkenntnisse aus der empirischen Untersuchung . . . 91
5.2 Bedeutung der Ergebnisse für die Anwendung von ENMS . . . 91
5.3 Ausblick . . . 93

Literaturverzeichnis 95

Abbildungsverzeichnis 99

A Anhang 101

1 Einführung

Die Fähigkeit des Menschen, sich in seiner gewohnten Umgebung zurechtzufinden, wird in aller Regel als trivial und selbstverständlich empfunden. Man schenkt dieser Fähigkeit oft keine weitere Aufmerksamkeit. Dabei finden in jedem Moment, in welchem man sich fortbewegt, eine Vielzahl komplexer Vorgänge statt. Laufend wird die aktuelle eigene Lage im Raum festgestellt und mit der eigenen aktuellen Repräsentation des Raumes abgeglichen. Bewegt man sich beispielsweise von einem Raum der eigenen Wohnung in einen anderen, so folgt man ganz selbstverständlich einer bestimmten Route und kann diese unter Umständen sogar im Dunkeln begehen. Offenbar hat man sich den entsprechenden Pfad eingeprägt.

Ganz anders sieht es aus, wenn man sich auf unbekanntem Terrain bewegt. Hier verfügt man nicht mehr über die Kenntnis bezüglich der räumlichen Gegebenheiten. Das in bekannter Umgebung selbstverständliche Wissen um die eigene Position, die Lage des gewünschten Zielortes und der entsprechenden Route dorthin, muss erst beschafft werden. Diese angesprochene Art des Wissens wird räumliches Wissen genannt.

Der Frage, wie man sich Wissen über eine unbekannte Umgebung aneignet, wie und wo es abgelegt wird, welche Struktur es hat und wie man darauf zurückgreifen kann, widmen sich viele verschiedene wissenschaftliche Disziplinen, wie etwa die Informatik, die Linguistik, die Psychologie sowie Architektur und Stadt- bzw. Raumplanung. Allen gemein ist die Beschäftigung mit dem Raum und der Verbindung des Menschen mit dem Raum [Jansen-Osmann 1998, S. 11f].

1.1 Was ist der Raum?

Der Raumbegriff wurde bereits in der Antike thematisiert. Aristoteles beschreibt das Phänomen, das wir Raum nennen würden, als so genannte negative Entität. Damit ist die unmittelbare Umgrenzung des Objekts innerhalb des Mediums gemeint. Würde man das betreffende Objekt ausblenden, so entspräche die Abgrenzung der verbleibenden Form im Medium - dessen Negativ - dem Ort des Objektes. Der Ort eines Fisches ist demnach die Grenzfläche zwischen dem Fisch und dem Wasser, der eines Menschen

ist die Grenzfläche zur Luft. Leerer Raum als solcher existiert demnach nicht in diesem Modell [Smith 2000, S. 16].

Bei dem Versuch eine modernere Definition des Raumes zu finden, stößt man auf zwei prominente Ansätze. Die absolutistische Raumvorstellung, wie sie beispielsweise von Sir Isaac Newton vertreten wurde, versteht den Raum als unveränderlichen Behälter, in welchem sich alle Körper befinden. Die Zeit, welche ebenfalls als unveränderliche Größe angenommen wird, steht in keiner unmittelbaren Beziehung zum Raum. Diese Raumvorstellung wurde durch Albert Einstein durch die relativistische Raumvorstellung abgelöst. Hauptmerkmal ist die Verbindung zwischen Raum und Zeit zur so genannten Raumzeit. Dabei wird dem alltäglichen euklidischen Raum mit seinen drei Dimensionen noch eine vierte Dimension, nämlich die Zeit, hinzugefügt. Weder Zeit noch Raum sind hier unveränderlich, und hängen vielmehr von der Relation - und damit den Standpunkten - der verschiedenen Körper zueinander ab[1] [Löw 2004; Millonig 2005]. Martina Löw spezifiziert die Raumvorstellung indem der Raum als Anordnung der Körper, welche abhängig vom Bezugssystem des Beobachters sind, verstanden wird (zitiert in Millonig 2005). Die Raumvorstellung ist demnach als vom Standpunkt des Beobachters abhängig zu verstehen. Es handelt sich also um eine subjektive Vorstellung [Millonig 2005, S. 4].

Für die Beantwortung der Fragen, die die Forschung zur Raumkognition aufwirft, hat sich die Einführung des so genannten psychologischen Raumes als praktikabel erwiesen. Dieser umfasst den, vom Menschen wahrgenommenen, physischen Raum [Jansen-Osmann 1998, S. 12].

Der Begriff 'Raum' steht hier für das Bezugssystem, innerhalb dessen sich Menschen bewegen und Handlungen setzen können. Versteht man den Menschen als ein hierarchisch vollständig in den Raum eingebettetes Wesen, dem das Überschreiten der Grenzen seines Bezugssystems nicht möglich ist, kann man die umfassende Bedeutung des Raumes erahnen. Bei vielen bekannten Naturvölkern lässt sich eine tiefe persönliche Verbindung zwischen dem Menschen und seiner Umgebung beobachten. Der Raum dieser Menschen ist geprägt durch Elemente, wie spezielle Felsformationen, Bäume, Lichtungen, oder aber auch durch Flussläufe und Wasserstellen. Sie gelten für diese Menschen als Herberge für die Geister der Ahnen, oder dienen auch als Ort für mythische Rituale, was einen Hinweis auf den Grad der spirituellen Bedeutung jener Orte und Elemente in dem Kulturrahmen jener Ethnie gibt. Bestimmte Elemente, zum Beispiel Wasserstellen, sind sogar für das schiere Überleben von Bedeutung [Lynch 1960, S. 123f]. Der Raum stellt somit den ultimativen Rahmen für alles Handeln dar - die

[1] http://www.einstein-online.info/de/navMeta/glossar/r/index.html, besucht August 2008

Bedeutung, die die Auseinandersetzung mit dem Raum innehat, wird offensichtlich. Wie erwähnt ist die Aneignung räumlichen Wissens ein wesentlicher Aspekt im Umgang mit dem Raum. Es ist die Voraussetzung für die Bewältigung vieler Aufgaben, die der Mensch jeden Tag zu erfüllen hat. Die prominentesten davon sind die Orientierung und Navigation, aber auch die Wahl des Wohnortes hängt von dem Wissen über die räumlichen Gegebenheiten ab [Tversky 2000, S. 2].

1.2 Begriff der kognitiven Karte

Um sich im Raum zurechtzufinden, ist es notwendig, die räumlichen Informationen in geeigneter Form bereitzuhalten, so dass sie bei Bedarf unmittelbar zur Verfügung stehen. Der Mensch und auch viele Tierarten verfügen über eine mentale Repräsentation des Raumes und der Elemente, die in ihm enthalten sind - die kognitive Karte. Thematisch lässt sich die Erforschung dieser räumlichen Repräsentationen nicht eindeutig einem einzelnen wissenschaftlichen Fachgebiet zuordnen, sondern wird, wie bereits angedeutet, jeweils von Teilbereichen unterschiedlicher Disziplinen bearbeitet. Jede dieser Disziplinen hat einen anderen Zugang zum Thema, was sich in einer Fülle von verschiedenen Denkansätzen und Perspektiven niederschlägt. Die große Breite der wissenschaftlichen Auseinandersetzung führt allerdings auch zu einer gewissen Unschärfe hinsichtlich der verwendeten Begrifflichkeiten ('mental map', 'spatial image', 'Vorstellungsbilder', ...) [Seifert 2004]. In dieser Arbeit wird aus den bestehenden Möglichkeiten der Begriff der kognitiven Karte verwendet, wenn von bestimmten mentalen Repräsentationen des Raumes gesprochen wird. Der Begriff 'kognitive Karte' impliziert, dass es sich dabei nicht um eine, bildlich gesprochen, 'Landkarte im Kopf' handelt, sondern dass diese Repräsentation Ausfluss eines kognitiven Prozesses ist. Der Psychologe Mark May schlägt sogar vor, den Begriff 'Karte' in diesem Zusammenhang überhaupt gänzlich zu streichen, da er zu irreführenden Vorstellungen bezüglich der Struktur der kognitiven Karte führt [zitiert in Seifert 2004]. Später wird ergänzend der Begriff der 'kognitiven Collage' nach Barbara Tversky vorgestellt, welcher der Natur der räumlichen Repräsentation deutlich besser entspricht, und dieser Problematik Rechnung trägt [Tversky 1993, S. 15]. Da der Begriff der kognitiven Karte allerdings seit langem in der einschlägigen Literatur gebräuchlich ist, wird er auch hier beibehalten.

1.3 Aneignung räumlichen Wissens

Um räumliches Wissen zu erlangen, gibt es unterschiedliche Möglichkeiten. Das entsprechende Gebiet kann zum Beispiel direkt erkundet werden (Exploration). Diese Vorgehensweise ist in aller Regel in einen Navigationsprozess eingebettet.

Eine andere häufig angewandte Möglichkeit sich räumliches Wissen zu verschaffen, bietet die Nutzung einer Karte. Eine Sonderform stellt die Verwendung von elektronischen Navigationsgeräten mit Möglichkeit zur Selbstverortung dar. Dabei handelt es sich um elektronische Geräte, die oft zur Navigation im Autoverkehr zum Einsatz kommen. In der Regel verfügen sie über einen Bildschirm, auf dem eine meist stark vereinfachte Kartendarstellung oder auch nur Richtungsangaben in Form verschiedener Symbole dargeboten werden. Die Position des Gerätes (und damit auch die des Nutzers) wird über ein Satellitensystem bestimmt. Der Vorteil dieser Geräte liegt in der Anwendung als aktive Navigationshilfe. Sie sind in der Lage die schnellste oder kürzeste Route zwischen dem Ausgangspunkt und einem Zielpunkt zu errechnen. Manche Modelle integrieren auch laufend aktuelle Informationen, die vom Verkehrsfunk übermittelt werden, und passen die Route so den Gegebenheiten an, um beispielsweise Verkehrsstaus zu umfahren. Dabei leiten sie den Nutzer mit gesprochenen und auf einem Bildschirm dargestellten Hinweisen ans Ziel. Auf die genaue Funktionsweise dieser Geräte wird an dieser Stelle nicht weiter eingegangen, sondern auf das vierte Kapitel verwiesen, das einen entsprechenden Überblick gibt.

1.4 Hypothese

Diese Arbeit fußt auf der Annahme, dass sich die Verwendung von ENMS als Hilfsmittel bei der Erschließung eines neuen, bisher unbekannten Gebietes im Vergleich zum alternativen Einsatz einer herkömmlichen Landkarte in einem geringeren Grad an dabei gebildeten räumlichem Wissen niederschlägt.

Im Rahmen dieser Arbeit wird dieser Umstand theoretisch hinterfragt und durch eine empirische Untersuchung illustriert.

Die heute zu günstigen Preisen für eine breite Masse erschwinglichen elektronischen Navigationshilfen mit Möglichkeit zur Selbstverortung (im Folgenden ENMS) bieten in den Augen vieler Menschen große Vorteile. Diese Formen der Navigationshilfen erlauben es dem Menschen, sich ohne Vorbereitung und Arbeit mit der Karte, was von manchen als mühsam empfunden wird, schnell und direkt an das gewünschte Ziel zu gelangen. Konkret werden in dieser Arbeit, wie später noch erläutert wird,

ausschließlich ENMS für den Kfz-Bereich angesprochen.

In Bezug auf räumliches Wissen stellt sich die Frage, über welche Leistungsfähigkeit moderne und mittlerweile übliche ENMS verfügen. Im Jahr 1993, noch lange bevor ENMS massenhafte Verbreitung fanden, vermuteten Schofer et al., dass der Einsatz dieser Geräte zu einer Anreicherung kognitiver Karten führe [zitiert in Jackson 1995]. Verschiedene Arbeiten jüngeren Datums geben allerdings Hinweise, die einen anderen Schluss nahe legen [z.B. Aslan et al. 2005].

1.5 Thematische Abgrenzung

Es gibt viele Anwendungsgebiete für ENMS. Traditionell finden ENMS bei militärischen Anwendungen Verwendung. Seit einiger Zeit sind sie aber auch im zivilen Bereich üblich geworden. See- und Luftfahrt profitieren von den Möglichkeiten, die ENMS bieten, wie z.B. die Integration der satellitengestützten Navigation in Autopilotsysteme. Ganz besonders starke Verbreitung haben ENMS im Kfz-Verkehr. Auch Fußgänger, insbesondere Alpinisten und Wanderer können auf verschiedene Produkte am Markt zurückgreifen. Die in den jeweiligen Geräten zum Einsatz kommenden Daten- und Kartengrundlagen sowie die Art der Darbietung werden dabei, entsprechend dem unterschiedlichen Einsatzzweck und der jeweiligen Benutzergruppe, angepasst. Diese Arbeit wird sich ausschließlich mit ENMS im Kfz-Bereich auseinandersetzen, da in anderen Bereichen, wie beispielsweise in der Luftfahrt (insbesondere gilt das für Flüge, die nicht im Sichtflug absolviert werden dürfen - etwa Nachtflüge oder Flüge bei widrigen Wetterverhältnissen), oder auch in der Schifffahrt ganz andere Voraussetzungen hinsichtlich des Erwerbes und Struktur der kognitiven Karten herrschen. Auch wenn Fußgänger, genauso wie Kfz-Lenker, Teilnehmer im Straßenverkehr sind und sich oft den gleichen Erfahrungs- bzw. Erlebensbereich teilen (Bereiche die jeweils einer Gruppe vorbehalten sind, etwa Autobahnen und Fußgeherzonen bleiben hier ausgeklammert), so bestehen große Unterschiede zwischen den beiden Nutzergruppen. Vor allem die unterschiedliche Fortbewegungsgeschwindigkeit und die gänzlich andere Perspektive, die den jeweiligen Verkehrsteilnehmern zuzuordnen ist, tragen dazu bei. Einen anderen Aspekt stellt auch die unterschiedliche hierarchische Struktur des Straßenverkehrs dar. Fußgänger überblicken, aufgrund der höher liegenden Position ihres Kopfes, im Vergleich zu dem sitzenden Kfz-Lenker, den Raum wesentlich besser. Sie sind deutlich langsamer als Autofahrer und können jederzeit halten, was im Gegensatz dazu die Straßenverkehrsordnung für KFZ nicht vorsieht. Für den Kfz-Lenker stellen Fahrbahnen zulässige Pfade dar, der Fußgänger nimmt sie in aller Regel als Barriere wahr. Das

alles wirkt sich auf Inhalt und Umfang der Vorstellungen über den Raum, über den die verschiedenen Gruppen verfügen, aus. Der Bereich der Fußgänger wird in dieser Arbeit nicht explizit betrachtet, wenngleich sicher auch verschiedene thematische Aspekte auch auf Fußgänger übertragbar sind.

1.6 Herangehensweise und Aufbau

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Frage, wie sich die Wahl des Hilfsmittels bei der Navigation durch den Raum auf die Qualität der mentalen Repräsentation der betreffenden Umgebung auswirkt. Dabei wird versucht, dem Weg der Informationen über den Raum, von der Wahrnehmung bis zum Übergang in das Langzeitgedächtnis zu folgen. Dementsprechend wird im dritten Kapitel der Arbeit ein Überblick über relevante Aspekte der Wahrnehmung gegeben. Im vierten Kapitel wird der Natur der kognitiven Karte als besonderer Form einer mentalen Repräsentation der Wirklichkeit nachgespürt. Auch werden hier die Konzepte der Guidance und die generelle Funktionsweise von ENMS vorgestellt. Schließlich werden in Bezug auf das Lernen, wozu ja auch die Aneignung räumlichen Wissens zählt, wichtige Erkenntnisse aus der Gedächtnisforschung präsentiert. Zur Illustration und zur Abstützung des theoretischen Unterbaus zur formulierten Hypothese, wurde eine empirische Untersuchung angestellt. Die Bildung räumlichen Wissens wird durch eine Vielzahl an Faktoren beeinflusst. Häufig werden empirische Untersuchungen in Form eines Laborszenarios durchgeführt. Die Laborsituation dient dazu, den Einfluss einer, oder einer definierten Gruppe von Faktoren oder Variablen auf ein betrachtetes Phänomen zu ermitteln, und dabei Wechselwirkungen mit unwägbaren Faktoren auszuschließen. Im Bereich der Forschung über die mentale Repräsentation des Raumes werden zum Beispiel häufig Simulationsprogramme entwickelt, die es dem Probanden erlauben sich in einer virtuellen Umgebung (VR - virtual reality, VE - virtual environment) zu bewegen und bestimmte Aufgaben zu erfüllen [Parush et al. 2007]. Im Rahmen dieser Arbeit wurde bewusst auf die Vorzüge einer Laborsituation verzichtet und der höhere Aufwand, den ein Realexperiment mit sich bringt, in Kauf genommen. Das bietet den Vorteil, dass die Ergebnisse unmittelbar auf die Realität umgelegt werden können und die Probanden das volle Spektrum ihrer Wahrnehmungsmöglichkeiten zur Lösung der Aufgaben nutzen konnten. Diese Untersuchung und deren Ergebnisse sind Thema des 5. Kapitels.

2 Wahrnehmung

In der Informatik gilt das Eingabe-Verarbeitung-Ausgabe-Prinzip (EVA) als Grundlage der elektronischen Datenverarbeitung. Dabei werden Informationen von außerhalb der jeweiligen Programm- oder Prozessumgebung über verschiedene Kanäle, wie z.B. über eine Tastatur, eine Computermaus, aber auch automatisch über angeschlossene Sensoren oder externe Dateien eingelesen. Anschließend werden diese Daten in Computerprogrammen, in welcher Form diese auch immer vorliegen mögen, verarbeitet. Diese Programme liefern einen Output, der ebenso, wie schon die Eingabe, über verschiedene Medien und in inhaltlich verschiedenen Formen dargeboten werden kann.

Lässt man das EVA-Prinzip der elektronischen Datenverarbeitung (EDV) als stark vereinfachendes, aber illustratives Analogon zu kognitiven Prozessen zu, so steht am Beginn dieser Prozesse die Wahrnehmung als Pendant zur Eingabe. So wie bereits für den Bereich der EDV dargelegt, steht die Wahrnehmung damit am Beginn einer Kette von Prozessen, die dazu dient, unseren Verstand mit Informationen über die uns umgebende Realität zu versorgen.

Ziel dieses Kapitels ist es, jene Möglichkeiten der Wahrnehmung vorzustellen, die bei der Bildung von räumlichen Wissen eine besondere Rolle spielen. In erster Linie ist das der Bereich der visuellen Wahrnehmung. Ergänzt werden die über das Sehen erworbenen Eindrücke durch Rückmeldungen des Körpers aus der Wahrnehmung der Bewegungsabläufe der verschiedenen beteiligten Muskeln und Gelenke. Das Gehör und der Gleichgewichtssinn stehen ebenfalls als Quelle ergänzender Informationen zur Bildung der Vorstellung über den Raum zur Verfügung.

Was wir wahrnehmen können, ist einerseits abhängig davon, was unsere Umwelt an Informationen aufbietet, und andererseits davon, welche dieser Informationen mit unseren Sinnesorganen aufgenommen werden können. Die Schnittmenge dieser beiden Faktoren stellt die Grenzen unserer Wahrnehmung dar. Dabei ist das, was wir wahrnehmen keine objektive Größe, sondern Resultat eines Interpretationsprozesses.

Die folgenden Abschnitte sollen eine knappe Übersicht über die, für die Bildung räumlichen Wissens relevanten Wahrnehmungsmöglichkeiten geben. Den Informationen aus der visuellen Wahrnehmung wird hier besonderes Augenmerk geschenkt. Es

wird ein kurzer Überblick über den grundsätzlichen Aufbau des menschlichen Auges und der daraus resultierenden Effekte wie z.B. die Perspektivität, der die Abbildung der Wirklichkeit im Auge unterliegt, gegeben. Weiters werden die Möglichkeiten zur Wahrnehmung der Bewegung der eigenen Gliedmaßen sowie zur Feststellung der Ausrichtung bzw. zur Messung von Beschleunigungskräften entlang der Raumachsen vorgestellt.

2.1 Visuelle Wahrnehmung

Die visuelle Komponente hat bei der Wahrnehmung des Raumes einen hohen Stellenwert. Soll dieser Stellenwert quantitativ erfasst werden, so gibt die Anzahl an Sinneszellen, die für das Sehen zur Verfügung stehen, bereits einen deutlichen Hinweis. Dabei handelt es sich um mehr als 130.000.000 Einheiten je Auge, was in Summe rund 70% aller Sinneszellen im ganzen Körper ausmacht. Zum Vergleich: Für das Hören stehen uns gerade knapp über 15.000 Rezeptoren je Ohr zur Verfügung [Campell 1997, S. 1123, Gegenfurtner 2003, S. 58].

Trotz der offensichtlich starken visuellen Ausrichtung des Menschen muss an dieser Stelle ergänzend darauf hingewiesen werden, dass die Bildung räumlichen Wissens nicht zwingend an das Vorhandensein visueller Hinweise gebunden ist.

Downs u. Stea berichten z.B. von blinden Menschen, die über sehr gute räumliche Vorstellungen ihrer Umgebung verfügen. Als Beispiel wird ein blinder Geographiestudent angeführt, der eine genauere Vorstellung über die Geometrie der Staatsgrenze der USA ausbilden konnte als seine sehenden Kollegen. Er hat sein Wissen einer speziell konstruierten Karte entnommen, die es ihm, ähnlich wie die Brailleschrift, ermöglichte, die Informationen mit seinen Fingern in Form taktiler Reize abzulesen [Downs und Stea 1982, S. 140].

Während man sich durch den Raum bewegt, nimmt man beständig räumliche Informationen auf visuellem Wege auf. Dies betrifft die Lage und Beschaffenheit von Objekten, als auch die Wahrnehmung der eigenen Bewegung. Auf diese Prozesse wird in Abschnitt 3.5.1 genauer eingegangen. Der Aufbau des menschlichen Auges ermöglicht es diese notwendigen Informationen zu nahezu jeder Tageszeit, unter wechselnden Belichtungsverhältnissen in bester Qualität aufzunehmen, und ist Thema das nächsten Abschnittes.

2.1.1 Das Auge

Das menschliche Auge lässt sich hinsichtlich seines Aufbaus mit einer Fotokamera vergleichen. Bei dieser tritt das von einem Motiv reflektierte Licht durch das Objektiv und die Blende in den Innenraum der Kamera, und wird auf an deren Rückseite auf eine lichtempfindliche Schicht - den Film - geworfen. Mit der Linsenanordnung im Objektiv werden die einfallenden Lichtstrahlen je nach Entfernung zwischen der Kamera und dem Motiv so abgelenkt, dass ein scharfes Abbild auf den Film geworfen wird. Die Blende regelt die einfallende Lichtmenge und hält zu stark gestreute Lichtstrahlen vom Eindringen in die Kamera ab.

Die drei angesprochenen wesentlichen Elemente, das Objekt, die Blende sowie das lichtempfindliche Medium haben auch im Auge eine Entsprechung. Die Aufgaben des Objektivs werden von der so genannten Linse übernommen. Die Regelung der einfallenden Lichtmenge zum Schutz der empfindlichen Netzhaut wird von der Iris erfüllt. Beim Auge wird das Abbild des Motivs auf die Netzhaut, oder Retina, geworfen. Die Netzhaut setzt sich aus einer Matrix von miteinander neuronal verschalteten[2] Photorezeptoren zusammen, die je nach einfallendem Licht (Intensität, Farbe) ein entsprechendes neuronales Signal an die verarbeitenden Regionen des Gehirnes, den visuellen Kortex, senden. Damit verhält sich die Netzhaut von ihrem Aufbau her weniger wie ein traditioneller Film als vielmehr ein Sensorchip, wie sie in gängigen Digitalkameras zum Einsatz kommen [Campell 1997, S. 1123ff].

2.1.2 Perspektive

Der Künstler Albrecht Dürer beschäftigte sich bereits im 16. Jahrhundert mit der Fragestellung, wie die dreidimensionale Welt auf der zweidimensionalen Zeichenunterlage so abgebildet werden könnte, dass die Darstellung trotzdem den Eindruck räumlicher Tiefe vermittelt. Er entwickelte dazu eine Vorrichtung, die ihm bei der Konstruktion einer zentralperspektivischen Abbildung helfen konnte. Dabei verwendete er eine senkrecht zur Grundebene montierte Glasplatte, die sogenannte 'Dürerscheibe' (siehe Abbildung 1), durch die er das zu zeichnende Objekt immer vom selben Ausgangspunkt betrachtete. Auf der Glasplatte markierte er die entsprechenden Punkte und konnte diese dann auf ein Medium seiner Wahl übertragen.

In diesem allgemein beschriebenen Fall liegt die Bildebene zwischen dem Ausgangspunkt und dem Objekt. Das Auge unterscheidet sich von dieser Konfiguration dadurch,

[2]Der Aufbau der Retina ist außerordentlich komplex. Auch werden hier bereits Berechnungen durchgeführt die als Vorstufe zur weiteren kognitiven Verarbeitung der Informationen beitragen. Weiterführende Informationen finden sich bei Euler 2003 und besonders bei Kolb et al. 2003.

dass die Bildebene hinter dem Ausgangspunkt zu liegen kommt. Hier wird der Sehstrahl über den Ausgangspunkt, im Falle des Auges ist dies die Irisöffnung, hinaus nach hinten sozusagen verlängert, bis diese auf die Bildebene - diese repräsentiert im Falle des Auges die Netzhaut - trifft. So erklärt sich auch das Phänomen, dass das Abbild eines Objektes auf der Netzhaut 'auf dem Kopf' steht.

Die auf die Netzhaut geworfenen Bilder unterliegen somit der Zentralperspektive. Charakteristisch für zentralperspektivische Darstellungen sind eine Verkürzung aller Maße mit zunehmendem Abstand von der Bildebene sowie das Konvergieren von in der Realität parallelen Kanten bzw. Linien zu entsprechenden Fluchtpunkten. Ausgehend von einem gemeinsamen Ausgangspunkt (Auge) aller Sehstrahlen durchdringen diese die Bildebene. Die Schnittpunkte der Sehstrahlen mit der Bildebene stellen die jeweiligen Bildpunkte dar. Man kann sich die Sehstrahlen als konzeptuelle Umkehrung der von einem Punkt des Objektes ausgehenden Mittelpunktstrahlen eines Strahlenbündels, das auf das Auge trifft, vorstellen [Mallot 2005, S. 18].

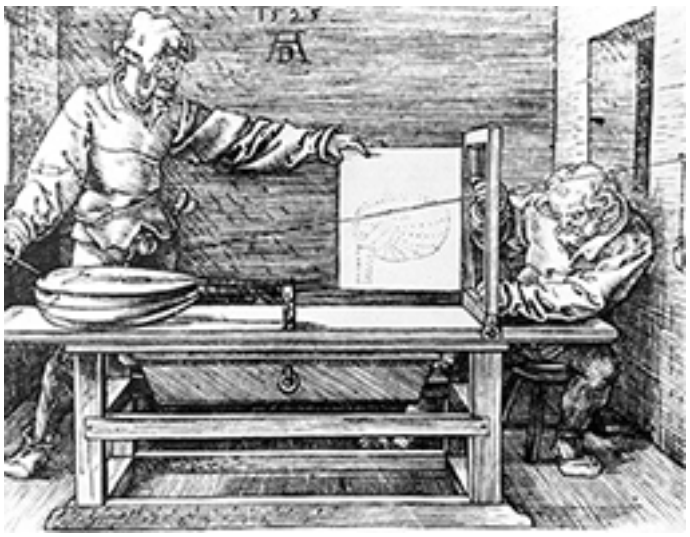


Abbildung 1: 'Dürerscheibe' (Quelle: aus 'Unterweysung der Messung', Dürer 1525)

Die Behandlung der Perspektive, der die Abbildungen auf der Netzhaut unterworfen sind, ist thematisch relevant, da sie die Grundlage für die Einschätzung von Entfernungen im Raum liefert, wobei Objekte mit zunehmender Entfernung immer kleiner erscheinen. Die Entfernung von Objekten vom Betracher aus gesehen oder die Entfernung zwischen den Objekten untereinander ist ein wichtiger Bestandteil zur Beschreibung der räumlichen Konfiguration. Darauf wird in Abschnitt 3.5.1 genauer eingegangen.

2.1.3 Räumliche Tiefe

Der erwachsene Mensch besitzt im Regelfall zwei Augen, die auf gleicher Höhe, in einem Abstand von 50 mm bis 75 mm zueinander stehen [Dodgson 2004]. Bei der Fixation eines Objektes werden die Augen so ausgerichtet, dass dessen Abbild auf der Fovea Centralis zu liegen kommt. Dies ist das Zentrum des visuellen Feldes. Durch den Augenabstand bedingt wird das betrachtete Objekt in jedem Auge jeweils unter einem geringfügig anderen Winkel gesehen. Die daraus resultierenden unterschiedlichen Bilder werden in einem kognitiven Prozess ausgewertet, und gestatten uns, Aussagen über die räumliche Tiefe zu machen. Da der Winkel zwischen den Sehstrahlen der beiden Augen, die so genannte Parallaxe, mit zunehmender Entfernung immer kleiner wird und sich damit die Netzhautbilder immer mehr gleichen, ist dieser Effekt nur bis zu einer gewissen Entfernung anwendbar. Für Entfernungen, die darüber hinausgehen, oder wenn aufgrund einer Erkrankung oder Verletzung nur ein Auge funktionstüchtig ist, kann eine Entfernungseinschätzung nur über andere Hinweise, wie Größenverhältnisse oder Farbverschiebung hergeleitet werden. Es wird hier bewusst von Entfernungseinschätzung und nicht von Entfernung gesprochen, da es dem Menschen nicht möglich ist, Entfernungen unmittelbar wahrzunehmen [Schopenhauer 1813, § 21]. Von einer direkten Wahrnehmung der Entfernung kann noch am ehesten bei Fledermäusen oder Delfinen ausgegangen werden, die, ähnlich einem Echolot oder der aktiven Sonarortung in Unterseebooten, Töne im Ultraschallbereich ausstoßen und über die Laufzeitunterschiede der jeweiligen Echos auch eine unmittelbare Vorstellung über die Entfernungen zu Hindernissen gewinnen.

2.2 Kinästhesie

Die Kinästhesie bezeichnet die Wahrnehmung der eigenen Bewegung. Der Körper verfügt über Rezeptoren, die uns über die Winkelstellung unserer Gelenke und über die Dehnungszustände unserer Muskeln und Sehnen (Muskeln wie das Herz, die nicht unserer Willkür unterliegen sind hier allerdings ausgenommen - gesunde Menschen spüren beispielsweise die Kontraktionen des Herzmuskels nicht) Aufschluss geben. Man spricht von der Gruppe der so genannten Propriorezeptoren. Setzen wir uns in Bewegung, so folgen unsere Muskeln und Gelenke verschiedenen Bewegungsabläufen. Mit Hilfe der angesprochenen Rezeptoren können wir unseren Bewegungen sensorisch folgen. Zumeist werden diese Signale nicht für sich alleine verarbeitet, sondern mit visuellen Informationen sowie mit der Wahrnehmung aus dem Gleichgewichts-

apparat abgeglichen und ergänzt [Adam-Lauer 2002; Campell 1997, S. 1106]. Diese Wahrnehmungsmöglichkeit versorgt uns mit Informationen über zurückgelegte Distanzen, Geschwindigkeit (allerdings nur beim Gehen ohne Hilfsmittel wie Rolltreppen, etc.) und Richtungsänderungen. Ein Experiment von Landau et al. zeigt anhand eines zweijährigen, von Geburt an blinden Kindes, wie die kinästhetische Wahrnehmung metrisches Wissen über die räumliche Konfigration hervorbringt. In einem Raum werden verschiedene Objekte angeordnet und das Kind zu einigen der Objekte geführt. Es zeigt sich, dass das Kind anschließend in der Lage ist, sich nicht nur die unter Anleitung erlernten Pfade zu merken, sondern hier auch neue, ihm vorher nicht bekannte Verbindungen zwischen verschiedenen bekannten Objekten abzugehen. Da das Kind diese Verbindungen nicht visuell erfassen kann, setzt diese Verhaltensweise Wissen über die Distanzen zwischen zu den Objekten vom Ausgangspunkt voraus, auf denen basierend Berechnungen in Bezug auf Richtung und Abstand zwischen den Objekten selbst durchgeführt werden können [Landau et al. 1981].

2.3 Gleichgewichtssinn und Gehör

Gleichgewichtssinn und Gehör sind im Ohr lokalisiert. Der Gleichgewichtssinn, der in die Wahrnehmung von Lage, Beschleunigung und Rotation gegliedert werden kann, wird mit Hilfe der drei so genannten Bogengänge im Innenohr umgesetzt. Die Bogengänge sind entsprechend der drei Ebenen des Raumes ausgerichtet. Bewegt man den Kopf, bzw. den Körper, so versucht die Lymphflüssigkeit, mit der die Bogengänge gefüllt sind, entsprechend ihrem Trägheitsmoment zunächst in Ruhe zu verharren. Es kommt also zu einer Relativbewegung zwischen Bogengang und der darin befindlichen Flüssigkeit. Diese Bewegung wird von speziellen Sinneshärchen registriert und in Nervenimpulse umgesetzt [Campell 1997, S. 1131]. Die so gewonnenen Informationen ermöglichen es uns, auf einem Sessel zu sitzen ohne ständig herunterzukippen, gerade zu gehen usw. Außerdem erhalten wir Informationen über Beschleunigungsvorgänge entlang der verschiedenen räumlichen Achsen. Dies gibt uns einen Hinweis auf entsprechende Richtungs- und Geschwindigkeitsänderungen. Unsere kognitiven Systeme erlauben es, selbst schnelle und auf den ersten Blick nicht nachvollziehbare Drehungen um alle Raumachsen gut zu verarbeiten, sodass wir nahezu immer wissen wo 'oben' ist [Glasauer und Brandt 2007]. In Abschnitt 3.5.1 wird noch einmal auf die Bedeutung des Gleichgewichtssinnes für die Aneignung räumlichen Wissens hingewiesen.

Bei der akustischen Wahrnehmung werden Luftschwingungen über den Gehörgang zum Trommelfell und von dort über die Gehörknöchel an das flüssigkeitsgefüllte In-

nenohr weitergeleitet. Die dort befindlichen Rezeptoren wandeln die Wellen dann in die entsprechenden Nervenimpulse um [Campell 1997, S. 1129f, Gegenfurtner 2003, S. 32].

Die akustische Wahrnehmung ist bei der Bildung räumlichen Wissens besonders für blinde Menschen von Bedeutung. Der Gehörsinn erleichtert blinden Menschen das Navigieren durch ihre Umgebung. Sie sind, ein entsprechendes Training vorausgesetzt, buchstäblich in der Lage, die Nähe zu Wänden und Hindernissen zu hören. Wände reflektieren den Schall anders als beispielsweise Türen oder auch Hindernisse. Wesentlich einfacher verständlich ist der Umstand, dass blinde Personen an einer Kreuzung anhand der fahrenden Kraftfahrzeuge hören, welche Fahrtrichtung gerade 'grün' hat [Graf 2007]. Sehende Menschen werden durch das Gehör mit Zusatzinformationen über das Geschehen außerhalb des visuellen Feldes versorgt, welche dazu beitragen die Interpretationsleistung des Verstandes zu erhöhen.

2.4 Neurologische Aspekte der Wahrnehmung

Der Mensch verfügt über verschiedene Kanäle oder Sinnesorgane die jeweils spezifische Informationen aus der Umwelt aufnehmen und weiterleiten können. Viele Reize, die wir aus der aus der Umwelt aufnehmen, sind in gewisser Weise mehrdeutig und können nicht unmittelbar verarbeitet werden. Die aufgenommenen Reize werden hinsichtlich ihres Informationsgehaltes analysiert und gegeneinander abgeglichen. Als 'Realität' wird dann jene Interpretation der verfügbaren Informationen angenommen, die aus der eigenen Erfahrung heraus gerade am wahrscheinlichsten scheint [Ernst und Bülthoff 2004].

Ein Beispiel erläutert dieses Konzept. Befindet man sich in einem stehenden Zug in einem Bahnhof und beobachtet man einen benachbarten Zug, der sich gerade in Bewegung setzt, so erhält der Verstand mehrdeutige Sinneseindrücke zur Verarbeitung. Einerseits signalisiert die visuelle Wahrnehmung, dass sich die relative Position der beiden Züge zueinander ändert. Dies kann bedeuten, dass a) sich der Zug in dem wir sitzen bewegt, oder b) sich der benachbarte Zug in Bewegung gesetzt hat. Unsere Wahrnehmung für Beschleunigung meldet andererseits keine Veränderung der eigenen Ruhelage. Unser Verstand muss nun diese mehrdeutigen Hinweise abgleichen und ein Urteil fällen. Ist dieses Urteil richtig, so erkennen wir, dass der andere Zug sich in Bewegung setzt und der eigene Zug nach wie vor in Ruhe verharrt.

Trifft der Verstand die falsche Entscheidung, so verspürt man das vielen bekannte Gefühl einer kurzen Beschleunigung oder Schwindels in der Bauchregion. Unser ko-

gnitives System greift hier auf Erfahrung zurück, um widersprüchliche Informationen gegeneinander abzustimmen. Verschiedene Künstler wie der Niederländer M.C. Escher (siehe Abbildung 2) machen sich diese Eigenschaft unseres Verstandes zunutze und versorgen den Betrachter mit gezielt widersprüchlichen Informationen, um verschiedene Effekte zu erzielen [Ernst und Bülthoff 2004, Gegenfurtner 2003, S. 7].

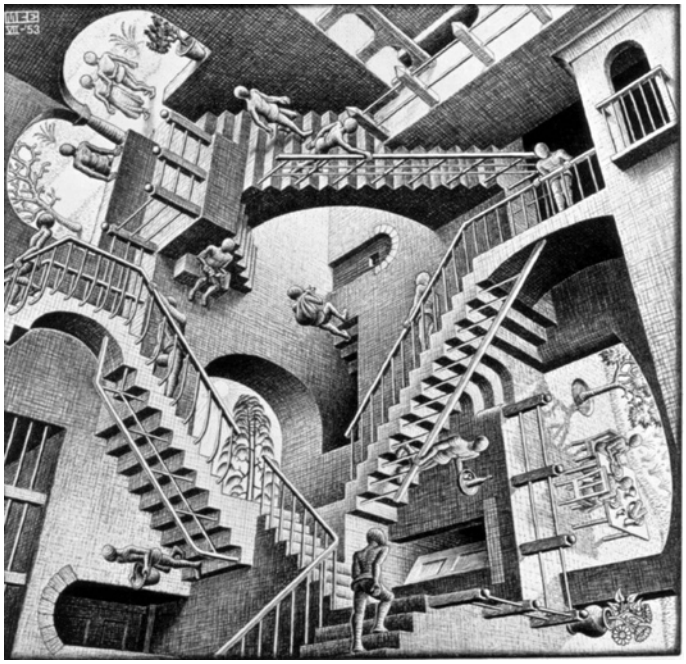


Abbildung 2: 'Relativity' 1953 (Quelle: All M.C. Escher works (c) 2008 The M.C. Escher Company - the Netherlands. All rights reserved. Used by permission. www.mcescher.com)

Die genannten Beispiele geben einen deutlichen Hinweis darauf, dass die Wahrnehmung sich nicht auf das einfache Weiterleiten physikalischer Reize aus der Umwelt in das Gehirn beschränkt. Vielmehr lässt sich folgern, dass diese Umweltreize erst analysiert und entsprechend ihres Kontextes und der verfügbaren Informationen zu einer plausiblen Struktur zusammengefügt werden. Erst diese raffinierte Form der Umweltreize stellt sich uns als Wahrnehmung dar. Dies ist bedeutsam, da die beschriebenen Vorgänge bereits auf die Subjektivität der Wahrnehmung und damit auf die Subjektivität unserer Vorstellung über den Raum hindeuten. Diese wichtigen Aspekte werden in Kapitel 3 genauer beleuchtet.

2.5 Schlussfolgerungen

Ziel dieses Kapitels ist es eine Ausgangsbasis für die weitere Betrachtung zu schaffen. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die, für die Bildung von räumlichem Wissen relevanten Möglichkeiten zur Wahrnehmung des Raumes gelegt. Für den gesunden, sehenden Menschen steht dabei die visuelle Wahrnehmung im Vordergrund. Die auf diesem Wege gewonnenen Informationen werden durch die Kinästhesie und schließlich den Gleichgewichtssinn und das Gehör ergänzt.

Die Wahrnehmung muss als Voraussetzung für die Beschäftigung mit dem Erwerb räumlichen Wissens angesehen werden, und ist insofern von großer thematischer Relevanz. Dies ist leicht einsehbar, da alle unseren kognitiven Systemen zur Verfügung stehenden Informationen über die Umwelt zunächst über Wahrnehmungsprozesse aufgenommen werden.

In Abschnitt 2.1.1 wird erläutert, dass beim Übergang von dreidimensionaler Wirklichkeit zur zweidimensionalen Abbildung auf der Netzhaut das Prinzip der Zentralprojektion Anwendung findet. Hieraus lassen sich zwei wichtige Aspekte ableiten.

Einerseits können auf diese Art und Weise Informationen über Position und Entfernung von Objekten im Raum erworben werden. Betrachtet man etwa zwei identische Objekte, die sich in unterschiedlicher Entfernung zum Beobachter befinden, so erscheint das entferntere Objekt kleiner als das näher positionierte Objekt.

In aller Regel zieht man in einer derartigen Situation nicht den Schluss, dass es sich um zwei Objekte unterschiedlicher Größe in gleicher Entfernung handelt. Offenbar unterliegt die Wahrnehmung also Interpretationsprozessen. Das Resultat dieses Prozesses ist schließlich als Information über die Entfernung der Objekte für uns verfügbar. Wenn nun unsere Wahrnehmung eigentlich das Ergebnis einer Interpretation der neuronalen Signale der Sinneszellen darstellt, so liegt nahe, dass unsere Vorstellung von der Umwelt vielmehr einem Modell entspricht. Darauf wird in Kapitel 3 genauer eingegangen.

Grundsätzlich ist hier noch anzuführen, dass die angesprochenen Vorgänge und darauf aufbauenden Schlussfolgerungen nicht nur für den Bereich der visuellen Wahrnehmung, sondern auch auf alle anderen Bereiche der Wahrnehmung anzuwenden ist.

3 Mentale Repräsentation des Raumes - Kognitive Karte

In diesem Kapitel wird der Natur der kognitiven Karte, wie sie bereits in der Einleitung angesprochen wurde, nachgegangen. Die kognitive Karte wird hier als eine Form mentaler Repräsentation des Raumes verstanden. Die Wahrnehmung und die ihr zuzurechnenden peripheren Bereiche des kognitiven Systems nehmen Information aus unserer Umwelt auf, und unterziehen sie einer ersten groben Verarbeitung - dazu zählt zum Beispiel die Signaltransduktion und die Kodierung der so entstehenden Signale in den entsprechenden Arealen des Gehirnes. Dies wurde bereits im vorigen Kapitel dargelegt. Hier stellt sich die Frage, wie weiter mit den so verfügbaren Informationen verfahren wird. Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass diese Daten in bestimmte modellhafte Strukturen organisiert werden, innerhalb derer es möglich ist eine Reihe von Problemen oder Aufgaben zu lösen. Für den räumlichen Bereich können solche Aufgaben zum Beispiel das Auffinden der besten Route zwischen zwei Punkten darstellen. Diese Strukturen lassen sich auch als mentale Repräsentationen bezeichnen. Dabei handelt es sich um einen Weg, auf welchem der Verstand Informationen aus der Umwelt organisiert, um sie verschiedenen kognitiven Prozessen zugänglich zu machen [Anderson 2007, S. 129, Platzer 2005, S. 36].

Die mentale Repräsentation entspricht dem internen Zustand, der einen systemexternen Zustand abbildet. Das Verhältnis zwischen Abbild und Wirklichkeit wird als unumkehrbar betrachtet [Jansen-Osmann 1998, S. 10].

Der modellhafte Charakter den mentale Repräsentationen aufweisen, lässt sich - von empirischen Befunden, auf die später eingegangen wird, abgesehen - aus der visuellen Wahrnehmung ableiten. Wie im vorigen Kapitel erläutert, gelangen die Informationen über den Sehpfad in den visuellen Kortex, wo im Zuge des Prozesses der Kodierung zu einer Zerlegung der retinalen Sinneseindrücke in beispielsweise Farbe und verschiedene Formeigenschaften kommt. Dabei handelt es sich durchwegs um Methoden, die der Vereinfachung der komplexen Wirklichkeit dienen. Die Konstruktion einer Vorstellung über die Wirklichkeit fußt zwangsläufig auf dem Vorhandensein verschiedener

Annahmen, welche ihrerseits wieder auf Erfahrungswerten und Algorithmen über die Eigenschaften und Verhältnisse der einzelnen Elemente zueinander aufbauen.

Der Philosoph Klaus Dieter Wüsteneck definiert den Modellbegriff, als ein System, welches *"... als Repräsentant eines komplizierten Originals auf Grund mit diesem gemeinsamer, für eine bestimmte Aufgabe wesentlicher Eigenschaften von einem dritten System benutzt, ausgewählt oder geschaffen wird, um Letzterem die Erfassung oder Beherrschung des Originals zu ermöglichen oder zu erleichtern, beziehungsweise um es zu ersetzen."*, wie in Lay 2007 zitiert [Lay 2007, S. 36]. Diese Definition bezeichnet sehr gut die Art und Weise, wie unser Verstand sich des Konzeptes der mentalen Repräsentation bedient, um mit begrenzten, endlichen Mitteln die komplexe Wirklichkeit zu erfassen.

3.1 Konzeptuelles Wissen

Die Inhalte verschiedener Erfahrungen werden in der Regel nicht vollständig im Gedächtnis abgelegt. So werden nur für die entsprechende Situation wichtige Elemente im Gedächtnis abgelegt. Was ein wichtiges Element darstellt, kann nicht generell gesagt werden, da dies stark vom Kontext abhängt [Anderson 2007,S. 182f, S. 85ff]. So ist auch denkbar, dass ein momentan fallen gelassenes Detail später, aus einem anderen Blickwinkel auf die Situation, wieder wichtig erscheint. Trifft man beispielsweise einen Nachbarn und tauscht kurz Freundlichkeiten aus, so wird man kaum Augenmerk auf dessen Kleidung legen, sofern diese keine Rolle innerhalb des Kontextes der Situation (z.B. Small-Talk über das Wetter) spielt. Versucht man sich nach einer Woche daran zu erinnern, welches Beinkleid der betreffende Nachbar in der besprochenen Situation trug, so wird es kaum möglich sein, sich daran zu erinnern.

Ruft man sich die Situation noch einmal ins Gedächtnis, so stellt man fest, dass obwohl man sich offenbar nicht mehr an jenes Detail erinnern kann, der Nachbar in unserer Vorstellung sehr wohl vollständig bekleidet erscheint. Hier tritt eine Diskrepanz zu Tage. Einerseits kann man sich nicht mehr an das Beinkleid erinnern, andererseits erscheint der Nachbar in der Erinnerung vollständig bekleidet.

Der Mechanismus, der diesen Trick vollbringt, beruht auf der Idee von konzeptuellem Wissen. Es wird dabei davon ausgegangen, dass Menschen spezifische Erfahrungen zu Kategorien der Merkmale der jeweiligen Erfahrung abstrahieren. So lernt man beispielsweise bereits als Kind, dass ein vierbeiniges, behaartes Wesen mit einer Schulterhöhe zwischen etwa 30cm und 100cm, welches einem die Hand abschleckt und dabei freudig mit einem Schwanz wedelt, Hund genannt wird. In Zukunft ist es nun möglich, alle physischen Entitäten, auf welche dieses Konzept zutrifft, als 'Hund' zu klassifizieren.

Es wurde konzeptuelles Wissen hervorgebracht.

Diese Abstraktion erlaubt uns nicht nur die kognitive Last beim Merken von Erfahrungen und Situationen zu reduzieren, sondern ermöglicht gleichzeitig effiziente Kommunikation und mentale Auseinandersetzung mit dem jeweiligen Objekt. In der Kommunikation ist es oftmals ausreichend, Konzepte auszutauschen, anstelle der jeweiligen Details. Es ist vollkommen ausreichend von einem Hund zu sprechen, um beim Gegenüber die entsprechenden Assoziationen hervorzurufen. Das Gegenüber wird höchstwahrscheinlich andere Erfahrungen unter dem Konzept 'Hund' abgelegt haben, aber so diese Unterschiede nicht wesentlich für den Gesprächsinhalt sind, ist das ohne Belang. In jedem anderen Fall wird das entsprechende Merkmal einfach besonders betont (beispielsweise die Fellfarbe).

Auch das Wissen, was mit dem entsprechenden Objekt anzustellen ist - einen Hund kann man z.B. als Haustier halten, füttern, streicheln, mit ihm spielen, und vieles mehr - ist Teil konzeptuellen Wissens. Zusätzlich erlaubt es auch gewisse situationsspezifische Vorhersagen zu machen. Überlegt man sich beispielsweise, ein Stück Wurst unbeaufsichtigt in Reichweite eines Hundes zu deponieren, so kann bereits aus dem Konzept 'Hund' auf das mögliche Verhalten - nämlich das Auffressen der Wurst - geschlossen werden [Anderson 2007, S. 182f].

Zusätzlich ermöglicht der Einsatz von konzeptuellem Wissen auch den Umgang mit unvollständigen Informationen. So können beispielsweise Wissenslücken durch das Einsetzen generischer, situationsangepasster Konzepte von Informationen bzw. Objekten kompensiert werden, um unser in sich stimmiges Bild der Wirklichkeit aufrecht zu halten [Barkowsky 2001, 1.1 (3)]. Kehrt man nun zu dem Beispiel mit dem Nachbarn zurück, so wurde festgestellt, dass der Nachbar in der Erinnerung vollständig bekleidet war, es aber dennoch kein Wissen über die konkret zu jenem Zeitpunkt getragene Hose verfügbar ist.

Die 'fehlende' Hose stammt offenbar aus einer Art 'mentalen Kleiderkammer', mit deren Inhalt - dies sind eben jene erwähnten generischen Klassen mit ihren jeweiligen Eigenschaften - wir solche Wissenslücken schließen bzw. Diskrepanzen auflösen. Auf diese Art und Weise ist es möglich, die Menge der zu merkenden Informationen aus der Umwelt drastisch zu reduzieren. Anstatt jedes Detail der Hose, also Stoff, Farbe, Schnitt, Alter, Zustand etc. zu memorieren, genügt es sich ein Konzept mit dem Namen 'Hose' zu merken, wie auch bereits anhand des Konzeptes 'Hund' dargelegt wurde.

Die Existenz konzeptuellen Wissens stellt einen weiteren Hinweis auf die Modellhaftigkeit mentaler Repräsentationen dar. Es ermöglicht die Konstruktion oder Ergänzung von Vorstellungen über die Umwelt in der Vergangenheit (Erinnerung an eine Situation),

Gegenwart und auch Zukunft. Dabei werden häufig nicht nur der Realität entsprechende Informationen verwendet, sondern die 'Szenen' werden bei Bedarf durch plausible, in den Kontext der Situation eingebettete Annahmen über die Wirklichkeit ergänzt. Die Bedeutung der Modellhaftigkeit wird deswegen so hervorgehoben, da häufig die Vorstellung vorherrscht, dass Wahrnehmung und Verarbeitung auf der Realität entsprechenden, beinahe absoluten Wahrheiten entspricht, wohingegen die Existenz der Repräsentation als Modell höchstens den Schluss zulässt, dass es sich doch vielmehr um individuelle, subjektive Interpretationsvorgänge handelt.

Konzeptuelles Wissen steht in einem wichtigen Zusammenhang mit räumlichem Wissen. Ganz offensichtlich ist das für die Domäne der Karten, als Medium für räumliches Wissen, aber auch für mentale, räumliche Modelle. Die Fähigkeit Realität zu abstrahieren und Klassen bilden und interpretieren zu können - also der Anwendung konzeptuellen Wissens - ist von besonderer Wichtigkeit bei der Interpretation von Karten. Karten stellen eine Repräsentation oder ein Modell dreidimensionaler Wirklichkeit dar, die von Kartographen in eine zweidimensionale, abstrahierte, vereinfachte Form gebracht wird. Dabei werden Elemente der Realität, individuelle Objekte, klassifiziert dargstellt. Dem Konzept der kartographischen Darstellung liegt offensichtlich die Idee konzeptuellen Wissens zu Grunde. Bei der Interpretation von Karten müssen, ganz wie bei der verbalen Kommunikation, übermittelte Konzepte kontextabhängig gedeutet werden.

3.2 Mental Images

Mentale Repräsentationen der visuellen und räumlichen Domäne werden in Form so genannter 'Mental Images' repräsentiert. Dies gilt auch für abstrakte Informationen, wenn sie geeignet sind, sich räumlich organisieren zu lassen (z.B. eine hierarchische Firmenstruktur, die in Form eines Organigramms dargstellt werden kann).

'Mental Images', als spezielle Form mentaler Repräsentationen, sind kein statisches Abbild der Umgebung, sondern Ergebnis eines Konstruktionsprozesses innerhalb des Arbeitsgedächtnisses. Dabei werden Informationen über die entsprechenden Sachverhalte aus dem Langzeitgedächtnis abgerufen und zur Konstruktion des 'mental image' herangezogen [Barkowsky 2001, S. 5, Barkowsky 1999, S. 2, Montello 1998, S. 149].

Das Verständnis von Arbeits- oder auch Kurzzeitgedächtnis liegt der Vorstellung zugrunde, dass grundsätzlich zwei Arten von Gedächtnis existieren. Das Langzeitgedächtnis dient zum dauerhaften Ablegen bereits kognitiv verarbeiteter Information. Das Arbeitsgedächtnis hingegen stellt sich als dynamischer Speicherraum dar, in welchem kognitive Prozesse (auch jene der Wahrnehmung) ablaufen, der aber nicht zum

dauerhaften Speichern von Informationen dient [Anderson 2007, S. 205].

'Mental Images' dienen als Modell unserer Umgebung, in welchem wir Handlungen planen und gedanklich ausprobieren können, bevor diese tatsächlich umgesetzt werden. Auf diese Weise ist man in der Lage, verschiedene Handlungsalternativen zu einem gegebenen Problem durchzuspielen und miteinander zu vergleichen. Weiter oben wurde erwähnt, dass eine Verwandtschaft zwischen den Strukturen der Realität und jenen der mentalen Repräsentationen besteht. Erst diese Eigenschaft führt zur Möglichkeit Handlungen geistig vorwegnehmen zu können - darauf wurde bereits im vorigen Abschnitt Bezug genommen. Experimente zu diesem Thema aus dem Bereich der Neuropsychologie, wie die Rotationsexperimente von R. Sheppard, stützen diese Ansicht. Es konnte gezeigt werden, dass die Probanden Objekte mental rotieren lassen konnten - also eine Manipulation aus der physischen Wirklichkeit in die virtuelle Realität der mentalen Repräsentation übertragen konnten [Anderson 2007, S. 134ff]. Die Fähigkeit, die mentale Entsprechung physischer Objekte im Verstand manipulieren zu können, liefert einen wesentlichen Beitrag zur Lösung verschiedener räumlicher Probleme, wie etwa bei der Navigation.

Es wird angenommen, dass Menschen dabei über einen sogenannten 'räumlich-visuellen Notizblock' verfügen. Dies stellt eine Form des ikonischen Gedächtnisses[3] dar, in welchem, analog zu einem physischen Notizblock, bestimmte Berechnungen oder auch Skizzen mental, vor dem 'geistigen Auge' ausgeführt werden können [Anderson 2007, S. 215].

Auf den Punkt gebracht, bezeichnet der Begriff der mentalen Repräsentation also interne, mentale Modelle der für uns relevanten Umwelt. Sie konstituieren sich aus Informationen, die über unsere Wahrnehmungsorgane aufgenommen und von verschiedenen kognitiven Prozessen katalogisiert, strukturiert und aktualisiert werden [Platzer 2005, S. 39, Barkowsky 2001]. Außerdem erlaubt die mentale Repräsentation räumlicher und visueller Informationen, die 'mental images', die mentale Manipulation im Modell vorhandener Objekte.

3.3 Räumliches Wissen

Es wurde bereits mehrfach von verschiedenen Formen des Wissens gesprochen. Jansen-Osmann versteht räumliches Wissen als die mentale Repräsentation räumlicher In-

[3] Das ikonische Gedächtnis ist eine andere Bezeichnung für den visuellen sensorischen Speicher, der eine Art Pufferspeicher für die visuelle Wahrnehmung darstellt. Visuelle Reize die dargeboten werden, bleiben hier über einen kurzen Moment für den Abruf verfügbar [Anderson 2007, S. 207f]

formation. Geht diese Information in das Langzeitgedächtnis über, so spricht man von Wissen [Jansen-Osmann 1998, S. 2]. Daraus lässt sich folgern, dass es sich bei räumlichem Wissen um eine dem Langzeitgedächtnis zuzuordnende Form einer mentalen Repräsentation des Raumes handelt.

Räumliches Wissen wenden wir im Alltag beständig an. Primär wird es zu Navigationszwecken, das heißt, um von einem Ort zum anderen zu finden, genutzt. Darunter fällt der Weg zur Arbeit, an den Urlaubsort, aber auch im Kleinen, auch die Wege innerhalb der eigenen Wohnung. Aber auch Wissen über den Raum inhaltlicher Natur ist Teil räumlichen Wissens. Die Frage nach der Qualität eines Stadtteiles beispielsweise ist ebenfalls Bestandteil räumlichen Wissens. Im Prinzip benötigen wir räumliches Wissen um Allem, das in irgendeiner Weise einer räumlichen Verteilung unterliegt oder dessen Qualität sich über den Raum verändert, zu begegnen. Speziell das Beispiel bezüglich der Qualität eines Stadtteiles impliziert, dass räumliches Wissen auch mehr als topologische Eigenschaften beinhaltet. Räumliches Wissen ist vielfältig und multimodal [Platzer 2005, S. 36, Tversky 2000, S. 2].

Der Mensch verfügt je nach Vertrautheit mit einem Gebiet über unterschiedliche Grade räumlichen Wissens. Der Grad des Wissens entscheidet zwangsläufig über die auf räumliche Aspekte bezogene Handlungsfreiheit, über die man verfügt. Wo man am Wohnort wahrscheinlich mehrere alternative Routen zwischen zwei Punkten kennt, verfügt man am Urlaubsort über kein oder nur geringes derartiges Wissen. Im ersten Fall kann bei einer Blockierung der ursprünglichen Route durch ein Hindernis virtuos auf eine alternative Route gewechselt werden. Im zweiten Fall, am Urlaubsort, wird das nur bedingt gelingen, da das entsprechende Wissen über alternative Routen nicht vorhanden ist (es wird davon ausgegangen, dass der Urlaubsort das erste Mal besucht wird).

Es lassen sich zwei prinzipiell unterschiedliche Ausprägungen räumlichen Wissens identifizieren - prozedurales und konfigurales räumliches Wissen. Prozedurales räumliches Wissen bezeichnet einen bestimmten Wissenstand, der es ermöglicht die entsprechenden Handlungen auszuführen (Prozedur), um von einem Punkt A zu einem Punkt B zu gelangen. Konfigurales räumliches Wissen stellt eine signifikante Erweiterung des prozeduralen Wissens dar. Existieren beispielsweise zwei unterschiedliche Routen, so ist man, prozedurales Wissen vorausgesetzt, nicht in der Lage, anzugeben wie diese beiden Routen zueinander im Raum liegen [Anderson 2007, S. 148]. Setzt man konfigurales räumliches Wissen voraus, so sind diese beiden Routen in einen übergeordneten räumlich-metrischen Kontext eingebettet, der erlaubt, eine Verbindung zwischen den Routen herzustellen und Aussagen über deren Lage zueinander zu ma-

chen. Dieses Konzept stellt eine Vereinfachung eines von Siegel u. White im Jahr 1975 entwickelten Verständnisses über die Phasen der Entwicklung räumlichen Wissen über ein neues, bisher unbekanntes Gebiet dar [vgl. Ishikawa u. Montello 2005, S.94]. Es wurden drei Stufen räumlichen Wissens, die im Zuge der Begehung eines neuen, bisher unbekannten Gebietes kontinuierlich entwickelt werden, eingeführt. Dabei handelt es sich um die in der Literatur gängigen Stufen 'Landmarkenwissen', 'Routenwissen' und 'Übersichtswissen' [Montello 1998, S. 144f, Platzer 2005, S. 39, Jansen-Osmann 1998, S. 14, Tversky 1993].

3.3.1 Landmarken

An dieser Stelle ist es sinnvoll, das Augenmerk kurz auf den Begriff der Landmarke zu lenken, da dieser im Folgenden immer wieder auftritt.

Landmarken spielen speziell in zwei Bereichen der Kognitionsforschung eine große Rolle. Diese Bereiche werden von Presson u. Montello als den Wegfindungsprozess und die Repräsentation räumlichen Wissens benannt. Unter Landmarke wird häufig ein Element in der Umgebung bezeichnet, das aufgrund seiner Eigenschaften bemerkt und gespeichert werden kann. Oft werden diese Elemente als Hinweis im Bezug auf einen speziellen Ort oder eine Handlung (z.B. 'an der Kreuzung mit der Telefonzelle abbiegen') verstanden. Außerdem dienen Landmarken als Referenzsystem, anhand dessen weniger bekannte oder hervorstechende Elemente festgemacht werden können. Es werden neue, unbekannte Orte in ein Netz bestehender bekannter Landmarken eingeordnet. Man bezieht sich bei der Beschreibung der Lage weniger bekannter Orte häufig auf deren relative Lage zu bekannten, oder zumindest hervorstechenden Elementen [Presson und Montello 1988; Tversky 1993, S. 16].

Landmarken können auch als 'Leuchtfeuer' in der Wegfindung dienen, indem der Verlauf eines Weges durch die Sukzession entsprechender, bereits aus der Distanz wahrnehmbarer Landmarken markiert wird. Dies bezieht sich nicht zwingend auf die Bewegung in unbekannten Gebieten. Dies kann ein Sendeturm, eine Kirche oder aber auch eine Erhebung in der Landschaft sein [Waller und Lippa 2007, S. 6].

Kevin Lynch definiert Landmarken als Elemente mit, im räumlichen Kontext, eher punktförmigen Charakter, die sich auf die eine oder andere Weise von ihrem Hintergrund oder Kontext abheben. Punktförmig bezeichnet in diesem Zusammenhang nicht die räumliche Ausdehnung, sondern den funktionellen Gehalt. Der Stephansdom in Wien hat beispielsweise eine Grundfläche von mehr als 3600m^2 und erscheint dem Be-

trachter kaum punktförmig[4]. Dennoch markiert er in Funktion einer Landmarke einen Punkt in der Stadt. Lynch unterscheidet Landmarken in so genannte 'distant landmarks' und 'local landmarks'[5] . 'Distant landmarks' sind solche, die weithin von vielen verschiedenen Orten aus sichtbar und von globalem Charakter sind. Sie dienen Personen, die nicht mit der jeweiligen Gegend vertraut sind, oft als Hinweis. Dabei handelt es sich oftmals um prominente Gebäude wie Kirchen und Hochhäuser.

Die 'local landmarks' hingegen haben, wie der Name schon anzeigt, einen eher lokalen Wirkungskreis. Sie können sich in Form unzähliger Objekte manifestieren - sei dies eine spezielle Ampelanlage, ein Laden, ein Hydrant oder vieles anderes. Mit der Gegend vertraute Menschen richten sich im Alltag eher nach diesen 'local landmarks' und müssen nicht so oft auf 'distant landmarks' zurückgreifen wie die ortsfremden Personen [Lynch 1960, S. 78f]. Das führt unmittelbar zur Rolle, die Landmarken in der mentalen Repräsentation des Raumes spielen.

In seinem Buch 'Das Bild der Stadt' kennzeichnet Kevin Lynch bestimmte Elemente, aus denen sich typischerweise mentale Repräsentationen einer Stadt zusammensetzen können. Dabei handelt es sich um Pfade, Kanten, Bezirke, Knotenpunkte und Landmarken.

Pfade und Kanten haben einen eher linienhaften Charakter, und bezeichnen Straßen, Flussläufe oder andere linienhafte Elemente, die aber nicht zwingend als Wegverbindung wahrgenommen werden. Der unmittelbare Übergang zwischen zwei gänzlich unterschiedlichen Nutzungs- oder Bebauungsstrukturen im Stadtgebiet (Industriegebiet - Wohngebiet; Geschoßwohnhaus - Einfamilienhaus) oder auch ein Waldrand kann etwa als Kante wahrgenommen werden.

Bezirke stellen demgegenüber flächenhafte Elemente einer gewissen Mindestgröße dar. Der Bezirk fällt bei Lynch nicht unbedingt mit dem Konzept einer administrativen Bezirkseinteilung zusammen, sondern kann beispielsweise auch aus subjektiver, informeller Abgrenzung resultieren (z.B. ein sog. Quartier).

Knotenpunkte bezeichnen zumeist Entscheidungspunkte. Es kann sich hierbei z.B. um wichtige Umsteigepunkte einer Verkehrslinie oder Kreuzungen handeln. Darüber hinaus können Knotenpunkte auch bestimmte Metaobjekte wie z.B. einen Punkt im Verlauf einer Straße, an dem sich die Bebauungsstruktur markant ändert, kennzeichnen. Diese werden im Zuge der Navigation durch die Stadt angepeilt, und als Wegpunkt 'betreten' und überschritten. Ihre Bedeutung kann auch vollständig semantischer Natur,

[4]Maße Stephansdom 107,2m x 34,2m [vgl. http://www.stephansdom.at, besucht August 2008]

[5]distant (engl.) - distanziert, abstehend, fern; local (engl.) - lokal, örtlich [vgl. http://dict.leo.org; besucht August 2008]

und für andere Personen nicht wahrnehmbar sein. Dementsprechend versteht Lynch diese Elemente als der jeweiligen Person internen Welt entspringend.

In dieser Hinsicht unterscheidet sich seine Definition der Landmarke. Sie ist zwar auch punktartig, wird aber als dem Beobachter extern wahrgenommen. Sie konstituieren sich aus physischen Objekten. Oft handelt es sich um entfernte, weithin sichtbare Elemente. Dabei dienen sie häufig als Quelle für Hinweise bzgl. des globalen Bezugsrahmens ('Himmelsrichtungen'). Überquert man die Reichsbrücke in Wien stadteinwärts, so dient der entfernte Stephansdom als externe Landmarke, die auf das Stadtzentrum hinweist. Landmarken können aber auch nur lokalen Charakter besitzen und so nur für die Orientierung innerhalb eines kleineren, begrenzten Gebietes dienen [Lynch 1960, S. 47ff]. Wenngleich Lynch die Landmarken zu einem der 5 Elemente erklärt hat, so können auch die anderen Elemente selbst jeweils als Landmarken fungieren. In aller Regel setzen sich Wegbeschreibungen aus eben jenen Elementen zusammen.

Zusammenfassend kann man Landmarken als auf individuelle Art charakteristische, hervorstechende Objekte oder Elemente bezeichnen, die den Zwecken der Orientierung, Navigation und Definition eines Gebietes dienen.

3.3.2 Landmarkenwissen - Routenwissen - Überblickswissen

Die folgende Betrachtung stellt die weiter oben bereits angesprochenen drei Formen oder besser Phasen räumlichen Wissens genauer vor.

Landmarkenwissen stellt die am wenigsten ausgeprägte Form räumlichen Wissens dar. Dieses setzt sich im Wesentlichen aus dem einfachen Wissen über die Identität und des Vorhandenseins bestimmter Landmarken und der Fähigkeit diese zu erkennen zusammen. Man kann sich beispielsweise an verschiedene Landmarken entlang der Route erinnern, ist aber nicht in der Lage die Route an sich wiederzugeben.

Die nächst höhere Stufe wird durch das Routenwissen belegt. Dabei handelt es sich um die Fähigkeit, die Landmarken sequentiell richtig aneinanderzureihen, und die einzelnen Abschnitte mit den jeweils notwendigen Richtungsentscheidungen zu verknüpfen [vgl. Montello 1998, S.144]. Anders ausgedrückt kennt man die Landmarken und eine Route, um von einer Landmarke zur nächsten zu gelangen. Dieses Niveau an räumlichen Wissen entspricht etwa dem, dass man erlangt, wenn man einen Passanten nach dem Weg fragt, und Handlungsanweisungen mit den entsprechenden Orten (Landmarken), an denen diese auszuführen sind, erhält (z.B. 'Gehen sie bis zur nächsten Ampel und biegen sie dann links ab'). Das räumliche Wissen erhält man hier durch sukzessive Aneinanderreihung von Anweisungen bzw. durch die sukzessive Wahrnehmung der jeweiligen Etappe im Rahmen der Begehung des neuen Gebietes

ohne fremde Hilfe. Routenwissen wird in der Literatur auch häufig als prozedurales Wissen bezeichnet. Versteht man hier die Reise von einem Ort A zu einem Ort B als Abarbeitung einer Serie von Anweisungen im Sinne des obigen Beispiels, so ist diese Bezeichnung sehr anschaulich [Ishikawa und Montello 2006, S. 94, Jansen-Osmann 1998, S. 17f, Platzer 2005, S. 39]. Siegel u. White (1975) postulieren außerdem, dass in dieser Phase noch kein Wissen über die metrischen Zusammenhänge zwischen den Landmarken existiert - man kann also (noch) nicht einschätzen, in welcher Distanz die Landmarken zueinander liegen, und welchen Winkel die Routenabschnitte zueinander haben - wie von Ishikawa u. Montello 2005 berichtet wird. Es handelt sich also um ein eher als qualitativ zu beschreibendes mentales Modell.

Die umfassendste Form räumlichen Wissens stellt das so genannte Übersichts- oder Überblickswissen dar. Dieses Wissen entspricht einer zweidimensionalen, inhaltlich karten-ähnlichen Repräsentation des Raumes. Kartenähnlich bedeutet hier, dass nicht mehr lediglich von einander isolierte Routen betrachtet werden, sondern dass jene Routen und Einzelinformationen innerhalb eines gemeinsamen Rahmens in Bezug zu einander gesetzt werden. Dies impliziert, dass hier metrisches, quantitatives Wissen über Distanz und Richtung zwischen den verschiedenen Elementen vorhanden ist (siehe auch Abschnitt 2.2 - Experiment mit blindem Kleinkind) Montello 1998, S. 145. Dies ist auch notwendige Voraussetzung für das Vorwegnehmen alternativer Routen zwischen bekannten Punkten, welche nicht direkt erschlossen wurden. Bei vorhandenem Überblickswissen ist man z.B. in der Lage von einem bekannten Punkt im Raum direkt Richtung und Entfernung zu einem anderen bekannten Punkt einzuschätzen [Ishikawa und Montello 2006, S. 94, Darken und Peterson 2002].

Das Auffinden von Abkürzungen wie auch das Planen effizienter Routen gehört zu den Aktivitäten, die typischerweise erst bei Vorhandensein von Überblickswissen möglich werden. Überblickswissen entspricht dementsprechend einem relativ flexiblen und anpassungsfähigen Verständnis des betreffenden Raumes [Montello 1998, S. 145, Downs und Stea 1982, S. 290].

Zwischen Landmarken-, Routen- sowie Überblickswissen bestehen hinsichtlich der Perspektive, der die jeweiligen Repräsentationen unterworfen sind, Unterschiede.

Landmarken- und Routenwissen stellen sich dabei aus einem egozentrischen Standpunkt dar. Das heißt, dass die Person, die über derartige Wissensrepräsentationen verfügt, Aussagen über den betreffenden Raum lediglich vom Standpunkt der jeweiligen Person aus treffen kann. Beim Überblickswissen stehen die Informationen in allozentrischer Form zur Verfügung. Hier kann die, der unmittelbaren Wahrnehmung ähnliche 'Ich-Position' verlassen werden, und auf eine inhaltlich kartenähnliche Ab-

straktion in Vogelperspektive zurückgegriffen werden [Platzer 2005, S. 40]. Die Bildung räumlichen Wissens kann so auch als eine Verschiebung von egozentrischer 'Realität' hin zum allozentrischen Abstrakten verstanden werden.

T. Barkowsky definiert noch eine zusätzliche Klasse von räumlichem Wissen. Dabei handelt es sich um das geographische Wissen. Dabei ist jenes Wissen gemeint, das sich aufgrund der Großmaßstäblichkeit nicht über eigene, direkte Erfahrungen im Raum aneignen lässt. Darunter kann man räumliche Vorstellungen über die Ausdehnung von Kontinenten, Staaten und dergleichen mehr verstehen. Wissen über den Raum in derartigen Maßstäben wird in aller Regel - eine Ausnahme mögen Raumfahrer sein, die die Erde und ihre geographischen Elemente tatsächlich selbst und direkt betrachten und erfahren können - über sekundäre Quellen wie Beschreibungen und Landkarten angeeignet [Barkowsky 2002].

Es wird angenommen, dass sich räumliches Wissen sukzessive mit zunehmender Auseinandersetzung mit dem jeweiligen Gebiet bildet, und die Entwicklung dabei grundsätzlich der Reihenfolge Landmarkenwissen - Routenwissen - Überblickswissen folgt. Landmarken- und Routenwissen wird oft gleichzeitig entwickelt, sodass man kaum eine Grenze zwischen den beiden Stufen von Wissen ziehen kann. Im Fall, dass die Erschließung eines unbekannten Gebietes unter Nutzung von Kartenmaterial erfolgt, kann es zudem auch dazu kommen, dass Überblickswissen gebildet wird, ohne dass zuvor Landmarken- und Routenwissen zur Verfügung standen [Platzer 2005, S. 39f]. Das Überblickswissen ergibt sich hier also nicht aus der Integration verschiedener, in der Repräsentation vorhandener Routen und Landmarken. Daraus lässt sich aber auch ableiten, dass an dieser Stelle noch kein explizites Wissen über bestehende Routen vorliegt. In diesem Fall kann auch von Kartenwissen gesprochen werden [Jansen-Osmann 1998, S. 20].

3.3.3 Entwicklungspsychologische Voraussetzungen

Die besprochenen Stadien der Wissensaneignung sind nur auf gesunde, erwachsene Personen zu beziehen, da der Mensch nicht von Geburt an in der Lage ist seine Umgebung in umfassender Weise wahrzunehmen, und eine entsprechende mentale Repräsentation aufzubauen [Anderson 2007, S. 148].

Dieser Umstand betrifft allerdings nicht nur die Domäne der Wahrnehmung, sondern trifft für alle kognitiven Prozesse zu. Der Schweizer Psychologe Jean Piaget unterstellt dazu eine Entwicklung in vier Phasen. Die erste Phase wird als sensomotorische Phase bezeichnet (1. und 2. Lebensjahr). Kinder entwickeln hier eine Vorstellung über Objekte und deren Beständigkeit. Die zweite Stufe wird präoperationale Phase genannt (2. bis 7.

Lebensjahr). Das Kind ist nun in der Lage auf einer internen Ebene oder Vorstellungsebene über seine Umwelt zu reflektieren. Es gewinnt an Fähigkeit, logische Schlüsse ziehen zu können. Es mangelt dabei aber noch an Systematik.

Die nächste Stufe, die so genannte konkret-operationale Stufe (7. bis 11. Lebensjahr) ergänzt diese Fähigkeit, so dass eine systematische Auseinandersetzung mit der physikalischen Welt möglich wird. Die letzte Stufe wird als formal-operationalisierende Stufe (ab dem 11. Lebensjahr) bezeichnet. In der letzten Stufe, die bis zum Erreichen des Erwachsenenalters andauert, werden alle kognitiven Fähigkeiten über die der Mensch verfügt, entwickelt.

Ebenso wie bei den Phasen der Bildung räumlichen Wissens gehen die hier angesprochenen Phasen der kognitiven Entwicklung fließend ineinander über. Die Angabe von konkreten Lebensjahren als Abgrenzung dient nur als Richtwert [Anderson 2007, S. 495f]. So sind Kinder unter 12 Jahren in der Regel nicht in der Lage Überblickswissen zu generieren, da dies offenbar Fähigkeiten, wie die zur Abstraktion, erfordert, die vorher noch nicht ausreichend verfügbar sind [Benelli und Rubegni 2001, Anderson 2007, S. 496]. Allerdings zeigt das Beispiel des blinden zweijährigen Kindes in Abschnitt 2.2, dass diese Phasen nicht zwingend so ablaufen müssen.

3.4 Kognitive Karte

1948 prägte Edward C. Tolman, ein amerikanischer Psychologe, den Begriff der kognitiven Karte. Er führte Experimente mit Ratten durch, an Hand derer er untersuchte, wie diese sich die Struktur eines Labyrinths einprägten, um möglichst schnell den Weg vom Start zum Ziel und der damit verbundenen Belohnung zu gelangen. Seine Ergebnisse zeigten, dass die Ratten ein umfangreiches räumliches Wissen über die Topologie des Labyrinths entwickelt hatten. Tolman meinte, die Ratten entwickelten und verfügten über eine "cognitive-like map". Das Herausragende an dieser Entdeckung war der Umstand, dass die Reaktion der Ratten auf Veränderungen in der Versuchsanordnung klar darauf hindeuteten, dass ihr Verhalten nicht lediglich auf ein einfaches Stimulus-Response-Schema zurückzuführen war, sondern dass bei den Tieren ein kognitiver Prozess ablief, der zur Bildung einer Art inneren Abbildes der räumlichen Umgebung führte. Mit Hilfe dieser mentalen Repräsentation konnten die Nagetiere sinnvoll und effizient im Raum agieren [Tolman 1948, Downs und Stea 1982, S. 284].

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass kognitive Karten eine Form der mentalen Repräsentation des jeweiligen Raumes bzw. der jeweiligen Umwelt darstellen [Tversky 2000, S. 2]. Abseits dieses sehr allgemeinen Zuganges gibt es eine Debatte zur Natur kogni-

tiver Karten, deren zwei extreme Standpunkte hier kurz vorgestellt werden. Einerseits gibt es die Sichtweise, dass kognitive Karten sehr ähnlich den buchstäblichen Karten aus Papier aufgebaut sind. Diese Idee wird hauptsächlich über verschiedene Möglichkeiten gewisse Vorgänge wie die Rotation von Körpern aus der physischen Welt in die mentale Repräsentation zu verlagern, gestützt. Man spricht auch von der sogenannten 'radical image theory'.

Die andere Extremposition findet man in der sogenannten 'conceptual proposition theory'. Diese besagt, dass jede Art von Wissen ausschließlich in Form abstrakter Konzepte existiert. Sollten allenfalls 'Bilder im Kopf' auftreten, so handle es sich lediglich um ein Phänomen ohne tieferen Wert für die kognitiven Prozesse [MacEachren 1995, S. 171].

Bezieht man beim Versuch den Begriff der kognitiven Karte zu definieren die drei, im vorigen Abschnitt erläuterten, Phasen der Entwicklung räumlichen Wissens mit ein, so lässt sich feststellen, dass die Aneignung von Überblickwissen oft mit dem Erwerb einer kognitiven Karte gleichgesetzt wird. Zunächst verfügt eine Person beispielsweise nur über fragmentarisches Wissen über eine Region und kann dieses immer weiter ausbauen, bis dieses schließlich vollständig vorliegt [Jansen-Osmann 1998, S. 21, Platzer 2005, S. 39]. Tolman ist in seiner Arbeit diesbezüglich etwas allgemeiner und spricht bereits beim Erwerb von Routenwissen von kognitiven Karten. Allerdings differenziert er sein Verständnis kognitiver Karten wieder, in dem er den Begriff 'strip maps' einführt. Diese lassen sich als Form von Routenwissen verstehen [Platzer 2005, S. 40, Tolman 1948].

In dieser Arbeit wird der Begriff der kognitiven Karte synonym mit vorhandenem Überblickswissen verwendet. Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass dies im Wesentlichen eine willkürliche Festlegung darstellt, da in der Literatur keine scharfe Trennung oder allgemeingültige Definition vorliegt und andererseits auch, wie erwähnt, ein fließender Übergang von Landmarken zu Routen- und weiter zu Überblickswissen stattfindet. Der Begriff der kognitiven Karte soll demnach inhaltlich, als eine Facette, dem räumlichen Wissen zugeordnet sein.

In Abschnitt 3.3 wurde festgestellt, dass räumliches Wissen nicht nur ein einfaches Graphensystem darstellt, das mit Hilfe von Kanten und Knotenpunkten die topologischen Eigenschaften des entsprechenden Gebietes beschreibt, sondern dass dieses multimodal ist, und auch qualitative Eigenschaften, die die betreffende Person mit den jeweiligen Orten verknüpft, enthält. Bei der Beschreibung der Landmarken wurde darauf hingewiesen, dass es lokale und globale Landmarken gibt. Speziell bei den lokalen Landmarken wurde erwähnt, dass sich diese aus vielen, ganz unterschiedlichen Elementen konstituieren können, was einen weiteren Hinweis darauf gibt, dass in kognitiven

Karten ganz verschiedenartige Elemente eingebettet werden können. Das Konzept, viele verschiedene Materialien und Informationen sinnvoll zu kombinieren, wie aus Kunst und Photographie lange bekannt, wird Collage genannt. In dieser Analogie versteht Barbara Tversky kognitive Karten als eine Art kognitiver Collage [Tversky 1993, S. 15]. Die Einführung dieses Begriffs scheint sinnvoll, da auf den multimodalen Charakter räumlichen Wissens hingewiesen wird und gleichzeitig die missverständliche Vorstellung eines Abbildes einer physischen Karte gar nicht erst aufkommt, und damit zu einer Klarheit in der Bezeichnung beiträgt.

Ein anderes Analogon, das sich für die Verbesserung des Verständnisses einer kognitiven Karte anbietet, stammt aus der Informatik - das geographische Informationssystem. Hier existiert eine Datenschicht, die die Topologie des Raumes koordinativ erfasst. Anhand dieser abstrakt gefassten räumlichen Struktur werden alle möglichen Zusatzinformationen strukturiert. Im Bedarfsfall können aus den abstrahierten Daten sowohl Geometrie als auch Inhalt zu einem bestimmten Ort konstruiert werden [Montello 1998, S. 150, Barkowsky 2001, Klippel et al. 2004, S. 2]. Die Idee der kognitiven Collage bzw. die Vorstellung eines mentalen geographischen Informationssystems schafft es auch die extremen Positionen der 'radical image theory' und der ´conceptual propositional theory' in gewisser Weise zu vereinen [Tversky 2000, S. 3].

Bisher wurde festgestellt, dass kognitive Karten strukturierte, multimodale, hierarchisch organisierte mentale Repräsentationen des Raumes darstellen. Es wurde mehrfach darauf hingewiesen, dass kognitive Karten keine 'Landkarten im Kopf' sind, sondern einer abstrakten, modellhaften Natur unterworfen sind. Auf diese Eigenschaften wird von gewissen 'Fehlern' bzw. charakteristischen Unterschieden die kognitive Karten im Vergleich zu geographischen Karten aufweisen, hingedeutet. Im Folgenden wird eine Auswahl an Effekten vorgestellt, die für kognitive Karten charakteristisch sind.

Ein bekanntes Phänomen ist der so genannte Routeneffekt. Werden die Positionen von Städten aus einer Karte gelernt, und man bittet anschließend um eine Einschätzung der Distanzen zwischen den Orten ohne die Inanspruchnahme der Karte, so werden gleich lange euklidische Abstände zwischen Städten unterschiedlich eingeschätzt, je nachdem ob zwischen ihnen eine direkte Verbindung, etwa eine Autobahn, besteht oder nicht. Das Bestehen einer Verbindung führt dazu, dass die Distanz zwischen diesen Städten als geringer eingeschätzt wird. Das weist abermals darauf hin, dass kognitive Karten nicht einfache Bilder sind, sondern ihnen ein abstraktes Konstrukt zu Grunde liegt [Klippel et al. 2004, S. 1f]. Man kann vermuten, dass dieser Effekt auf die Vorstellung zurückzuführen ist, dass eine direkte Verbindung eine kürzere Reisezeit mit sich bringt, was durch eine kürzere euklidische Distanz ausgedrückt werden könnte.

Weiters gibt es Befunde, die darauf hinweisen, dass die Einschätzung von Distanzen (etwa Streckenlängen) davon abhängt, wie die entsprechende Route aufgebaut ist. Mit zunehmender Zahl an Knotenpunkten entlang der Route, wird diese z.B. als länger empfunden als sie tatsächlich ist. Ebenso verhält es sich mit Hindernissen und schlecht strukturierter Umgebung, auch wenn diese keinen Einfluss auf die tatsächliche Länge der Route haben [Tversky 2000, S. 6].

Auch Landmarken spielen eine Rolle beim Auftreten von Distanzfehlern. So wird die Distanz von einer Landmarke aus zu einem anderen Gebäude, das selbst keine Landmarke ist, als größer eingeschätzt, als umgekehrt.

Handelt es sich bei den Punkten aber um zwei Landmarken, so spielt die Entfernung zu diesen Landmarken eine Rolle. So wird die Distanz zwischen zwei Landmarken als größer eingeschätzt, wenn man sich in der Nähe der Landmarken befindet. Betrachtet man hingegen dieselbe Konfiguration aus größerer Distanz, so meint man, die Landmarken befänden sich näher beieinander [Tversky 1993, S. 16, Tversky 2000, S. 4].

Eine andere typische Eigenart von kognitiven Karten ist die Vereinfachung der Geometrien. So werden beispielsweise Kurven begradigt oder ungerade Winkel zu rechten Winkeln umgedeutet. Man neigt auch dazu, Symmetrien in räumlichen Repräsentationen stärker zu betonen [Tversky 1993, S. 17].

Es gibt auch empirische Belege dafür, dass räumliches Wissen hierarchisch strukturiert ist. Bei dem bekannten Experiment von Stevens u. Coupe, das auch als Frage Eingang in das Gesellschaftsspiel 'Trivial Pursuit' gefunden hat, wurden Studenten aus San Diego gefragt, welche Stadt weiter westlich liege, San Diego oder Reno. Die Mehrzahl der Studenten entschied sich fälschlicherweise für San Diego. Diese Entscheidung baut auf der Vorstellung auf, dass der US Bundesstaat Nevada östlich des Bundesstaates Kalifornien liegt. Die in der hierarchischen Kategorie untergeordneten Städte San Diego und Reno müssten demnach auch entsprechend liegen (siehe dazu Abbildung 3). Dieser Effekt weist darauf hin, dass Elemente entsprechend ihrer übergeordneten inhaltlichen Struktur angeordnet werden können. Dies zeigt deutlich, dass das strukturelle Gerüst der kognitiven Karte hierarchisch aufgebaut ist, und gegebenenfalls auch die räumliche Vorstellung bestimmt [Tversky 2000, S. 4f].

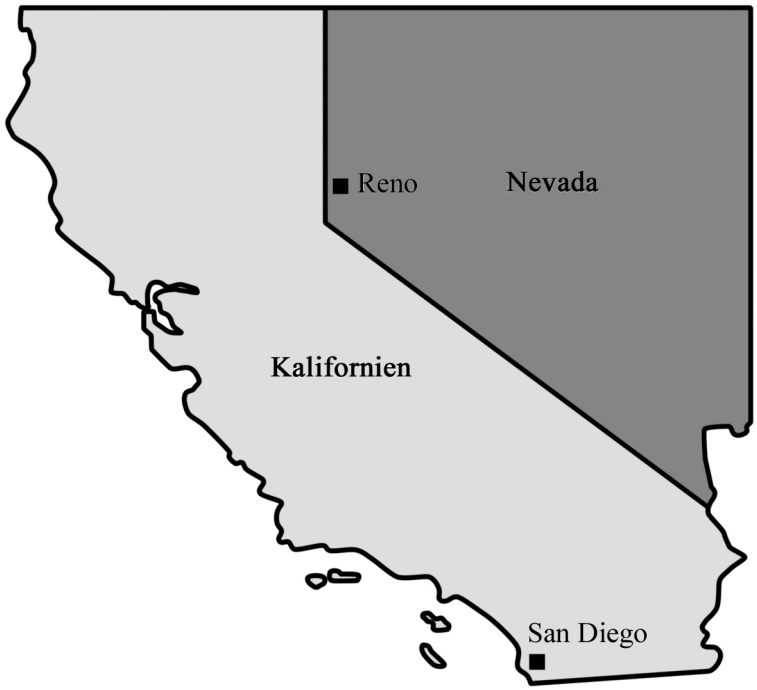


Abbildung 3: Kalifornien liegt als Staat westlich von Nevada - San Diego jedoch östlich von Reno. (Quelle: Eigene Darstellung)

Der letzte hier besprochene 'Fehler' betrifft nun die Art und Weise, wie das räumliche Wissen angeeignet wurde. Wird das Wissen auf dem Wege des Kartenstudiums gewonnen, so ist die mentale Repräsentation dieses Raumes sensibel hinsichtlich der Orientierung, in der die Karte vorlag. Das bedeutet, wird eine Versuchsperson gebeten sich eine Karte einzuprägen, und im Anschluss daran aufgefordert, im betreffenden Gebiet verschiedene Richtungsaufgaben zu lösen, so können die Fragen schneller und besser beantwortet werden, wenn die Versuchsperson dabei in die Richtung sieht, in der die Karte beim Lernen vorlag. Dieser 'Ausrichtungseffekt' tritt nicht auf, wenn das räumliche Wissen durch Navigation durch den Raum gewonnen wurde [Richardson et al. 1999, S. 742].

3.5 Aneignungsbedingte Unterschiede bei der Bildung kognitiver Karten

Versucht man der Fragestellung, ob die Verwendung bestimmter Hilfsmittel, wie ENMS zu Unterschieden im Aufbau der jeweils resultierenden kognitiven Karten führt, nach-

zugehen, so ist es sinnvoll nach Unterschieden und Gemeinsamkeiten der jeweiligen Methoden zu suchen, um so die relevanten Aspekte zu isolieren.

Wenn hier von Methoden gesprochen wird, so sind damit verschiedene Vorgangsweisen gemeint, mit denen man sich Wissen über ein unbekanntes Areal oder Gebiet verschaffen kann. Es lassen sich hier zwei grundsätzlich verschiedene Arten der Wissensaneignung identifizieren. Einmal sind dies Methoden, bei denen man auf fremdes Wissen zurückgreift, das in verschiedenen Formen festgehalten sein kann. Darunter fallen alle Arten von Karten, ENMS aber auch verbale bzw. textliche Beschreibungen. Hat man keinen Zugang zu derartigen Fremdinformationen, so kann man sich Wissen über ein neues Gebiet nur durch eigene, unmittelbare Erfahrung verschaffen. Diese Methoden, sei das eine Begehung oder auch ein Befahren des Areals, lassen sich unter dem Oberbegriff 'Exploration' zusammenfassen.

Es gibt zwei Bereiche, an denen hier nach den angesprochenen Unterschieden zwischen den verschiedenen Methoden gesucht wird. Erstens ist dies die Information über den Raum, die mit der jeweiligen Methode extrahiert und im Sinne räumlichen Wissens verfügbar gemacht werden kann. Der zweite Bereich wird hinsichtlich der methodenbezogenen Unterschiede in der Unterstützung menschlichen Lernverhaltens abgegrenzt. Hier stellt sich die Frage, wie Menschen Informationen in das Langzeitgedächtnis überführen, also Wissen bilden, und inwieweit die jeweilige Methode diesen Vorgängen entgegenkommt. Für die Bearbeitung eines Themas, welches in erster Linie eine Form des Wissens behandelt, ist es unerlässlich, sich auch einen Überblick über die Art und Weise, wie man lernt, zu verschaffen. In diesem Bereich lassen sich auch die methodenspezifischen Handlungsweisen eingliedern. Damit ist gemeint, dass z.B. die Navigation mit einer Karte bestimmte charakteristische Handlungsabläufe gebietet, die sich von jenen der Exploration oder der Verwendung eines ENMS unterscheidet.

In den folgenden Abschnitten wird Augenmerk auf die Informationen über den Raum, die jeweils auf dem Wege der Exploration, der Verwendung von Karten sowie ENMS ermittelt werden, geworfen.

Die Exploration nimmt dabei unter den Möglichkeiten der Aneignung räumlichen Wissens eine Sonderstellung ein, da sie nicht nur ein allein stehendes 'Hilfsmittel' darstellt, sondern auch Bestandteil der beiden anderen Methoden ist - sieht man von einer 'Reise mit dem Finger auf der Landkarte' ab, wo kein explorativer Anteil bei der Wissensaneignung besteht.

3.5.1 Informationsgewinn im Zuge der Exploration

Beim Erwerb räumlichen Wissens durch direkte, eigene Erfahrung des Raumes gibt es primär drei Quellen, über die man mit räumlichem Wissen versorgt wird. Erstens ist das die visuelle Wahrnehmung. Sie versorgt den Beobachter mit visuellen Hinweisen zur eigenen Position im Verhältnis zu verschiedenen Objekten im Raum.

Die zweite Quelle bilden die Rückmeldungen der Propriorezeptoren. Dabei gibt die Wahrnehmung der Stellung von Gelenken und Muskeln Aufschluss über den Wegwiderstand, den zurückgelegten Weg und Richtungsänderungen. Darauf wurde bereits in Abschnitt 2.2 eingegangen. Diese Informationen stehen einem allerdings nicht unmittelbar zur Verfügung, sondern werden unbewusst von den kognitiven Systemen verarbeitet.

Die dritte Informationsquelle stellt der Gleichgewichtssinn dar. Dieser erlaubt die Einschätzung von Beschleunigungen entlang der Raumachsen. Die Wahrnehmung der Propriorezeptoren und des Gleichgewichtssinnes werden zur sogenannten (mechanischen) Kinästhesie zusammengefasst.

Zum Verhältnis der drei Informationsquellen zueinander ist zu sagen, dass der Hauptanteil des Wissenserwerbes über die visuelle Wahrnehmung erfolgt.

Innerhalb des Bereiches der Kinästhesie ergänzen sich Gleichgewichtssinn und die Hinweise der Propriorezeptoren. Die Informationen, die aus dem Gleichgewichtssinn stammen, reichen für sich betrachtet nicht aus, um verlässliche Einschätzungen über vorgenommene Richtungsänderungen zu erlangen. Erst in Zusammenarbeit mit den Propriorezeptoren können diese Hinweise, zumindest für eine kurze Strecke, ausreichend verarbeitet werden. Außerdem scheint es, als könnten nur Richtungsänderungen, die rechten Winkeln entsprechen, gut wahrgenommen werden. Es wurde bereits im vorigen Kapitel von dem Fall berichtet, wo ein blindes Kind, also nur auf Basis der Kinästhesie, ebenfalls zu einer Form von Überblickswissen gelangt ist - dieses ist allerdings vergleichsweise ungenau. Im Gegensatz zum Menschen können sich Ratten beispielsweise, nur auf kinästhetischen Wahrnehmungen basierend, in hoher Geschwindigkeit durch ihnen bereits bekannte komplizierte Labyrinthe bewegen ohne auf visuelle Hinweise angewiesen zu sein. Diese Fähigkeit hat allerdings auch ihre Tücken, da eine kurzfristig vorgenommene Änderung des Labyrinths dann dazu führen kann, dass die Tiere in Wände laufen die zuvor nicht vorhanden waren [Landau et al. 1981, Sholl 1996, S. 158, S.160f]. Da die Kinästhesie beim Menschen, wie gezeigt, nur eine ergänzende Funktion ausübt, konzentriert sich diese Betrachtung auf den visuellen Anteil der Exploration.

Bewegt sich eine Person durch den Raum, so treffen sich ständig ändernde Bilder der Umgebung auf die Retina. Diese kontinuierliche Abfolge von Bildern, die durch Bewegung verursacht wird, nennt sich visueller Fluss. Dieser Fluss verursacht den Eindruck, dass während man sich bewegt, die Objekte der Umgebung sich relativ zur Bewegung durch das Gesichtsfeld schieben. Der visuelle Fluss lässt sich darüber hinaus noch in den so genannten radialen und lamellaren Fluss differenzieren. Der radiale Fluss manifestiert sich als jene vom Zielpunkt der Bewegung ausgehende, nach außen strebende Ausdehnung der stationären Objekte im zentralen Bereich des Gesichtsfeldes. Daraus lassen sich die Zeit bis zum Erreichen der jeweiligen Objekte, sowie die Bewegungsrichtung einschätzen. Der radiale Fluss lässt sich im Alltag leicht beobachten, wenn man sich einem entfernten Objekt nähert, und dieses mit abnehmender Entfernung immer größer zu werden scheint. Derartige Informationen unterstützen dabei die Bildung von Routenwissen.

Der lamellare Fluss tritt im peripheren Gesichtsfeld auf. Er bezeichnet das 'Vorbeiziehen' von stationären Objekten im peripheren Gesichtsfeld während diese passiert werden. Geht man von einer gleichmäßigen Fortbewegungsgeschwindigkeit aus, so bestimmt die Entfernung der Objekte zum Beobachter, wie schnell sich diese durch das Gesichtfeld bewegen. Entfernte Objekte 'bewegen' sich dabei langsamer als nahe Objekte. Es handelt sich dabei um jenen Effekt, der bei z.B. Bahnreisen auftritt, bei dem weit entfernte Elemente, z.B. Bergketten lange Zeit sichtbar bleiben, während Objekte in unmittelbarer Nähe der Bahntrasse in rasender Geschwindigkeit vorbeiziehen. Dies macht es dem Beobachter möglich, sowohl die Entfernung zu den Objekten, als auch die Lage der Objekte zueinander zu bestimmen. Die Informationen über das Verhältnis der Objekte untereinander, speziell wenn weiter entfernte Objekte mit jenen aus der unmittelbaren Nachbarschaft der begangenen Route in Bezug gesetzt werden, unterstützen die Bildung von Überblickswissen.

Die Wahrnehmung derartiger Hinweise wird auch als visuelle Kinästhesie bezeichnet - also der Wahrnehmung der eigenen Körperbewegung durch Information aus dem visuellen Wahrnehmungsapparat. Räumliche Informationen, die aus dem visuellen Wahrnehmungsapparat stammen, überstimmen bei Diskrepanzen, wie sie z.B. bei Nutzung von Rollsteigen auftreten, die der 'mechanischen Kinästhesie'. Bei der Nutzung eines Rollsteiges bewegt man sich selbst beispielsweise gar nicht. Die mechanische Kinästhesie signalisiert daher keine Bewegung. Der Kanal der visuellen Kinästhesie hingegen meldet eine Fortbewegung, was auch zu dem aktuellen Geschehen passt [Sholl 1996, S. 136f].

Der Beitrag der Informationen aus dem visuellen Fluss für die Bildung räumlichen

Wissens lässt sich in zwei Gruppen gliedern. Es gilt hierbei zu beachten, dass es zwei Referenzrahmen gibt, in die die Objekte der Umgebung eingegliedert werden. Darauf wurde bereits hingewiesen. Einerseits ist dies das Verhältnis zwischen Beobachter und den jeweiligen Objekten - also eine Beobachter-Objekt Relation. Andererseits handelt es sich um das räumliche Lageverhältnis zwischen den Objekten untereinander - die Objekt-Objekt Relation.

Ersterer Fall korreliert mit dem Konzept des Routenwissens. Es existierst keine Information darüber, wie die die Route konstituierenden Objekte in Relation zu existierenden anderen Objekten anderer Routen stehen. Der zweite Fall findet seine Entsprechung im Überblickswissen, wo ein generelles Verständnis über die Konfiguration und Lage der Objekte der Umgebung herrscht. In diesem Fall kann die aktuelle Route in Relation zu Objekten die nicht Teil der aktuellen Route sind, gesetzt werden.

Bei den besprochenen Methoden der visuellen Kinästhesie handelt es sich in erster Linie um passive Wahrnehmungen. Damit ist gemeint, dass die darüber ermittelten metrischen Zusammenhänge nur als Erfahrungswert bzw. in Form subjektiver Einschätzung zur Verfügung stehen. Dem gegenüber steht ergänzend auch die Möglichkeit, sich gezielt, also aktiv, nach Objekten umzuschauen und zu versuchen, diese auf einer bewussten Ebene in Relation zu setzen. Zwar hat man auch hier keinen unmittelbaren Einfluss auf die Art und Weise, wie das 'in Relation setzen' von den kognitiven Systemen umgesetzt wird. Allerdings macht dieser Denkansatz die Bedeutung, die das Subjekt, also der Beobachter auf den Konstruktionsprozess hat, deutlich. Würde man diesen Aspekt ausblenden, wäre die Bildung räumlichen Wissens immer ausschließlich von der Umgebung, nicht aber vom Beobachter abhängig [Downs und Stea 1982, S. 116f, Klippel et al. 2004, S. 2].

Ergänzend muss gesagt werden, dass die Beschaffenheit des betrachteten Gebietes von Bedeutung für die Art des erworbenen räumlichen Wissens ist. In einem offenen, freien Areal, das erlaubt, dass gewisse Sichtbeziehungen zwischen verschiedenen, auch weiter entfernten Elementen hergestellt werden, ist ohne weiteres davon auszugehen, dass sich auch bei einem ersten Besuch mehr als einfaches Routenwissen bilden kann. Betrachtet man allerdings das städtische Umfeld, wo die Straßen von Hausmauern begrenzt werden, muss man von ganz anderen Voraussetzungen ausgehen. Hier sind häufig keine Blickverbindungen, auch zwischen entfernten Elementen verfügbar, die zur Bildung eines globalen Referenzrahmens beitragen können, wie dies im ersten Fall möglich ist. Man bewegt sich, überspitzt formuliert, in einer Art von Labyrinth. Lediglich an den Kreuzungspunkten verschiedener Straßen können Elemente, die abseits der eigenen Route liegen, wahrgenommen werden. Es fehlt also an Möglichkeiten, sich und

die Elemente der begangenen Route in Relation zu den übergeordneten, räumlichen Strukturen zu setzen. Bezieht man diese Aspekte bei der Betrachtung des Beitrages der visuellen Wahrnehmung zur Bildung kognitiver Karten mit ein, so kann man sagen, dass in einem städtischen Umfeld eher Routenwissen gebildet wird, aber in freiem Feld auch Überblickswissen entstehen kann. Man muss hier ausschließlich den Fall betrachten, dass hier jeweils ein unbekanntes Gebiet zum ersten Mal begangen wird. Denn selbstverständlich führt, wie die meisten Menschen aus eigener Erfahrung wissen, der wiederholte Aufenthalt in einem Gebiet zur Bildung von Überblickswissen. Mit jedem weiteren Besuch kann ja auf immer mehr bereits vorhandenes Wissen über den Raum zurückgegriffen, und mit neuen, zusätzlichen Informationen erweitert werden.

3.5.2 Informationsgewinn unter Verwendung von Karten

Eine vom Menschen seit mehreren tausend Jahren kultivierte Methode, räumliches Wissen wiederzugeben und zu erlernen, stellen Karten[6] dar. Bereits für die Zeit um 6.200 vor Christus konnten kartenähnliche Zeichnungen, bzw. Gravuren an Höhlenwänden in Çatal Hüyük / Zentralanatolien, die einen Übersichtsplan des Dorfes und den Doppelgipfel eines Vulkans darstellen, datiert werden [Oehrli und Arn 2004, S. 2]. Karten werden häufig als Kommunikationsmittel verstanden - als Medium, um bereits erlangtes räumliches Wissen zu archivieren und weiterzugeben.

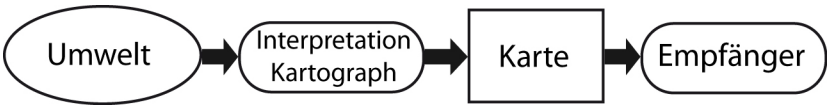


Abbildung 4: Kartographischer Kommunikationsprozess (Quelle: eigene Darstellung nach MacEachren 1995)

Wie in Abbildung 4 illustriert wird, stellt eine Karte das Ergebnis eines Interpretationsprozesses des Kartographen dar. In aller Regel werden hier koordinative Daten, die von Geodäten erhoben wurden, miteinbezogen. Das bedeutet, dass eine Karte einerseits die Vorstellungen des Kartographen als Repräsentation beinhalten, allerdings auch über bestimmte Punkte verfügt, die metrisch-koordinativ einem globalen Referenzrahmen untergeordnet sind. Objekte im Raum, wie etwa Gebäude, werden vereinfacht, verkleinert und zum Teil verschoben dargestellt. Bestimmte Objekte werden auch zu Gruppen zusammengefasst und diese dann durch spezielle Signaturen in der Karte

[6] Wir hier von "Karten"gesprochen, so sind topographische Landkarte wie etwa die ÖK50 oder auch ein Stadtplan gemeint. In jedem anderen Fall wird gesondert darauf hingewiesen.

repräsentiert. Es lässt sich ableiten, dass es sich bei Karten um abstrahierte Darstellungen der Umwelt handelt. Die grundlegendsten Eigenschaften, die eine klassische Karte auszeichnen, sind dabei die Maßstäblichkeit, das Projektionsverfahren (damit ist der Algorithmus zur Transformation der dreidimensionalen Wirklichkeit in die zweidimensionale Kartedarstellung gemeint) und die Perspektive (Karten liegen prinzipiell in Draufsicht vor).

Möchte man sich über die Funktionsweise von Karten klar werden, so ist man versucht, nur auf die Interpretation der Karte durch den Benutzer abzuzielen. Es ist aber ebenso wichtig, den kulturell-gesellschaftlichen Kontext in den sowohl der Kartograph, der die Karte erstellt hat, als auch der Empfänger eingebettet sind, mit einzubeziehen. Kartographische Symbole für Klassen von realen Entitäten haben so neben ihrer primären Aussage auch einen viel umfangreicheren Informationswert, der seinerseits aus dem Kontext resultiert. Betrachtet man beispielsweise den Stadtplan einer unbekannten Stadt und richtet die Aufmerksamkeit etwa auf ein Industriegebiet, so entwickelt man automatisch eine Vorstellung, wie es dort konkret aussehen mag. Diese Zusatzinformation, die in diesem Fall natürlich nicht exakt der Realität entsprechen kann, entstammt unserem gesellschaftlichen Erfahrungswert - unserem Kontext [MacEachren 1995, S. 14f].

Karten enthalten ein zusammenhängendes Abbild der Konfiguration des betrachteten Gebietes, wie es auch bei Überblickswissen vorhanden ist. Sie liegen in einer allozentrischen Perspektive vor und erlauben damit das unmittelbare Ablesen der Anordnung von Objekten. Zusätzlich geben sie Aufschluss über die metrischen Relationen, in denen die einzelnen Elemente zueinander stehen [Benelli und Rubegni 2001].

Beim Lesen der Karte ist es notwendig, diese in Relation zur Umwelt zu setzen. Man muss sich also darüber klar werden, wie die Karte, mental oder auch physisch, zu drehen ist, um die Ebenenachsen der Wirklichkeit mit jenen der Karte in Deckung zu bringen (siehe dazu auch Abschnitt 3.2). Zusätzlich muss man sich Gedanken über den Maßstab, in dem die Karte vorliegt, machen, um keine Fehler bei der Einschätzung von Distanzen zu generieren.

Versucht man nun mit Hilfe der Karte eine Route zu einem bestimmten Zielpunkt zu ermitteln, muss zum einen der eigene Standtort, also der Ausgangspunkt, als auch die Lage des Zielpunktes festgestellt werden. Nun ist es möglich, verschiedene Verbindungen zwischen diesen Punkten zu finden und miteinander zu vergleichen.

Hat man eine Route ausgewählt, so wird es notwendig sein, sich im Zuge der Navigation immer wieder neu zu verorten und zu kontrollieren ob man sich noch auf dem richtigen Weg befindet. Dazu muss allerdings mental die egozentrische Perspektive,

aus der man die Realität sieht, in die allozentrische Perspektive der Karte umgerechnet werden und umgekehrt. Diese Aufgabe ist keineswegs trivial und mit kognitiver Leistung verbunden [Benelli und Rubegni 2001].

Bei dieser Aufgabe ist es notwendig, einen bestimmten Punkt in der Karte mit der Wirklichkeit in Relation zu setzen. Im städtischen Umfeld gelingt dies verhältnismäßig einfach, indem man Straßennamen und Hausnummern mit einbezieht. Beide Informationen liegen zumindest zum Teil sowohl in der Realität als auch in der Karte vor und können so in Deckung zueinander gebracht werden. Bewegt man sich in einem Gebiet, in dem nicht auf diese zusätzlichen Hinweise zurückgegriffen werden kann, stößt man bald auf die Frage, inwiefern aus einer zweidimensionalen Karte auf Landmarken in der Wirklichkeit geschlossen werden kann, die zur Selbstverortung und Navigation geeignet sind. In urbanen Bereichen kann dies durchaus gelingen, wenn es sich dabei um Gebäude wie Kirchen handelt, deren in der Karte ablesbare Funktion einem charakteristischen Erscheinungsbild in der Realität gegenübersteht. Sind nur unspezifische Hinweise vorhanden, so ist spezielles Wissen über den Umgang mit Karten, aber auch Erfahrung erforderlich, um die Bestimmung der eigenen Position über weniger leicht identifizierbare Merkmale, wie etwa Gipfelpunkte von Bergketten, zu ermöglichen.

Jedenfalls wird ersichtlich, dass der Umgang mit Karten in jedem Fall mit einem bestimmten Maß kognitiven Aufwandes verbunden ist. Dazu zählt die Interpretationsleistung des semiotisch kodierten Inhaltes, die Handhabung des Bezugssystems (Koordinatensystem/Projektion) und in besonderem Maße die kognitive Last, die beim Wechsel zwischen den Perspektiven der eigenen Wahrnehmung und jener der Karte zu bewältigen ist.

Wie weiter oben angesprochen wurde, ist die Exploration nicht nur eine eigenständige Methode, sondern auch Bestandteil bei der Navigation durch den Raum mit Hilfe von Karten. Der explorative Anteil bei der Navigation mit Karteneinsatz ermöglicht es, die über die Karte erworbene mentale Repräsentation des Raumes mit Eindrücken aus dem optischen Fluss zu ergänzen und anzureichern. Aus dem optischen Fluss können dabei Informationen über verschiedene Landmarken, sowie über die Anordnung von Objekten zueinander, und die Relationen zwischen dem Beobachter und den Objekten extrahiert werden. An dieser Stelle wird noch einmal darauf hingewiesen, dass die Informationen über die Beobachter-Objekt Relationen einen Beitrag zur Bildung von Routenwissen leistet. Auf diese Weise können bestimme abstrakte Inhalte der Karte mental durch ihre realen Ausprägungen erweitert werden.

Wird allerdings tatsächlich lediglich eine Karte betrachtet - also sozusagen mit 'dem Finger auf der Karte verreist' - so ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass Kartenwissen

- also Überblickswissen ohne vorher vorhandenes Routenwissen - gebildet wird (siehe dazu Abschnitt 3.3).

Karten gelten als sehr leistungsfähige Hilfsmittel im Umgang mit dem Raum. Ein ganz offensichtliches Indiz dafür ist schon die lange Zeit, in der Karten kulturgeschichtlich im Einsatz sind. Ein anderes Argument ist, dass die bildhafte Darstellung und damit die visuelle Wahrnehmung Eigenschaften aufweisen, die den Schluss zulassen, dass diese Art der Wissensvermittlung sehr eingängig ist, und die Bildung räumlicher Vorstellungen unterstützt [Zimmer 2004, S. 603]. Dies ist auch leicht einzusehen, wenn man davon ausgeht, dass eine Karte auch als Vereinfachung einer vielschichtigen und komplizierten Umwelt fungiert, und so die kognitiven Systeme bei der Fokussierung auf das jeweilige raumbezogene Problem unterstützt.

3.5.3 ENMS

Bei den hier angesprochenen Geräten handelt es sich um elektronische Hilfsmittel zur Navigation, die in der Lage sind, Signale der GPS Satelliten zu empfangen, und so den eigenen Standort bestimmen können. Zusammen mit in digitaler Form gespeicherten räumlichen Informationen sind diese Geräte in der Lage, die eigene Position in einer kartenähnlichen Darstellung anzuzeigen, und den Nutzer vom Ausgangspunkt zu einem Zielpunkt zu dirigieren.

Mit der Bezeichnung GPS (Global Positioning System) werden in aller Regel die Navigationssysteme bezeichnet, die sich der so genannten 'Navstar' Satelliten des US Militärs bedienen. Mithilfe der Laufzeitunterschiede von Signalen zwischen dem ENMS und den jeweiligen Satelliten kann die eigene Position auf der Erde inklusive der Höhe koordinativ ermittelt werden. Dazu ist eine gleichzeitige Verbindung zu zumindest drei Satelliten erforderlich. Zur Messung dieser Laufzeit ist eine sehr präzise Uhr notwendig. Handelsübliche GPS Empfänger verfügen nicht über derartig genaue Uhren, wodurch die Berechnung der Position nur ungenau erfolgen kann. Aus diesem Grund wird bei der Berechnung da Signal eines vierten Satelliten benötigt, dass dazu dient die Uhr im Empfänger mit jenen der Satelliten zu synchronisieren. Dies ermöglicht schließlich eine genaue Positionsbstimmung.

ENMS finden, wie bereits im ersten Kapitel ausgeführt, in verschiedensten Bereichen Einsatz, wie etwa der See- und Luftfahrt, dem Fußgeherbereich, aber auch für das KFZ im Straßenverkehr. Im Folgenden bezieht sich der Begriff des ENMS auf letzteren Bereich.

ENMS lassen sich als Sonderform der Karte verstehen. Bei herkömmlichen Karten liegt die enthaltene Information in analoger Form vor. Zusammenhänge zwischen ein-

zelnen Objekten, oder aber auch die Konfiguration des Graphen der Wegverbindungen sind zwar enthalten, werden aber erst vom Kartennutzer auf kognitivem Wege, unter Einsatz von Vorwissen darüber, wie die Karte zu deuten sei, erschlossen. ENMS unterscheiden sich hier insofern von analogen Karten, als dass der graphischen Ebene noch eine Datenebene untergeordnet ist, in der das räumliche Wissen in einer bestimmten Struktur digital vorliegt.

An dieser Stelle muss angemerkt werden, dass die folgenden Ausführungen über bestimmte Eigenschaften von ENMS zum Teil gerätespezifisch sind, ohne dass darauf weiter hingewiesen wird. Dabei werden aber lediglich gängige Funktionen angesprochen, so dass sich die Ausführungen im Großen und Ganzen auf die Mehrheit der am Markt befindlichen Geräte anwenden lassen.

Betrachtet man ein handelsübliches ENMS für den Kfz-Bereich, so verfügt dieses über einen kleinen Bildschirm, auf dem eine, zumeist stark vereinfachte, oft auch in egozentrischer Perspektive vorliegende kartenähnliche Darstellung der unmittelbaren Umgebung der aktuell befahrenen Straße dargestellt wird. Dazu wird die Kartendarstellung nach 'vorne' gekippt. Zusätzlich wird noch angezeigt, in welcher Entfernung eine Änderung der Fahrtrichtung stattfinden soll - auch die Richtung, in die abgebogen werden soll, wird angegeben (Siehe Abbildung 5). Außerdem erhält der Fahrer akustisch Anweisungen über den weiteren Verlauf der Route.

Einen großen Unterschied zwischen ENMS und der herkömmlichen Karte stellt der Umstand dar, dass die Karte den gesamten verfügbaren Bereich abbildet, wohingegen das ENMS grundsätzlich nur einen kleinen Ausschnitt der gerade relevanten Umgebung zeigt. Dies ist in erster Linie darauf zurückzuführen, dass ENMS charakteristischerweise nur über kleine Bildschirme verfügen, die hier dementsprechend begrenzend wirken.

Dabei stellt sich unmittelbar die Frage nach dem für die Aufgabe richtigen Maßstab. Diese kann allerdings nicht mit einem konkreten Zahlenverhältnis beantwortet werden. ENMS dienen grundsätzlich zur Wegfindung. Sie sollen es dem Benutzer ermöglichen, ohne Aufwand und Bedarf an räumlichem Wissen über das entsprechende Gebiet, das gewünschte Ziel zu erreichen. In der alltäglichen Praxis kommt das ENMS in einem KFZ zum Einsatz. Die Fahrt mit einem KFZ unterliegt einer relativ großen Bandbreite bezüglich der gefahrenen Geschwindigkeit. Diese kann im Stadtverkehr vielleicht nur 30 km/h betragen, und bei einer Fahrt über die Autobahn aber auch 100 km/h übersteigen. Während es bei der Fahrt in hoher Geschwindigkeit sinnvoll ist, einen Bereich in Fahrtrichtung von ein oder sogar zwei Kilometern darzustellen, so greift man bei der Navigation durch eine komplexe innenstädtische Situation eher auf eine

großmaßstäbliche Abbildung zurück. ENMS sind in der Lage auf diese Anforderungen Rücksicht zu nehmen, und verändern in Abhängigkeit von der aktuellen Geschwindigkeit dynamisch den Maßstab der dargebotenen Ansicht. Es besteht aber in aller Regel auch die Möglichkeit, den Maßstab manuell zu fixieren [Dillemuth et al. 2007, S. 51f]. Wählt man hier einen ausreichend kleinen Maßstab, so wechselt die Perspektive der Kartendarstellung, je nach Gerät, in eine Draufsicht ohne den erwähnten perspektivischen Effekt.

Diese Darstellungen unterscheiden sich von herkömmlichen Karten insofern, als dass diese einem wesentlich höherem Grad an Abstraktion unterworfen sind. Wo in üblichen Karten, z.B. Stadtplänen in Buchform, Gebäude, Grünflächen und öffentliche Verkehrsmittel eingezeichnet werden, finden diese in der Regel keinen Eingang in die digitale Kartengrundlage der ENMS. Auch Straßennamen werden nur an wichtigen Punkten angezeigt. Ähnliches gilt für die Kartengeometrie, die bei ENMS auch einer deutlich stärkeren Generalisierung unterworfen sind. Allerdings werden bei Modellen höherer Ausstattungskategorien häufig zusätzlich 3D-Modelle verschiedener prominenter Gebäude in die Darstellung mit aufgenommen, um eine bessere Orientierung im Raum zu ermöglichen. Ob dies auf diese Weise gelingt, kann an dieser Stelle nicht beantwortet werden. Eine weitere Abweichung zwischen ENMS und herkömmlicher Karte findet sich in der Orientierung der Kartendarstellung. Bei herkömmlichen Karten ist es Usus, dass die Oberkante des Kartenblattes die Nordrichtung repräsentiert. Damit fällt die Fahrtrichtung in den wenigsten Fällen mit der Ausrichtung der Karte zusammen. Hier berührt man erneut das Thema der egozentrischen bzw. allozentrischen Perspektive. Muss man sich bei Richtungswechseln zwischen den beiden Perspektiven hin und her bewegen, so verursacht dies eine zusätzliche kognitive Last (siehe auch 3.2). Das ENMS hingegen dreht den Kartenausschnitt so, dass 'Oben' immer der Fahrtrichtung entspricht.

Die Einschränkungen, denen die Kartendarstellungen bei ENMS unterliegen, scheinen auf den ersten Blick sehr gravierend zu sein, nimmt man allerdings das Einsatzgebiet der Geräte in die Beurteilung mit auf, so relativiert sich das Bild. Der Nutzer ist in aller Regel mit dem KFZ unterwegs, und konzentriert sich auf den Straßenverkehr. Idealerweise werden, wenn überhaupt, nur kurze Kontrollblicke auf das ENMS geworfen - die Information muss also mit einem Blick erfassbar sein. An dieser Stelle lässt sich spekulieren, inwiefern nicht manche Fahrzeuglenker ohnedies den Schwerpunkt eher auf die akustischen Anweisungen legen, und die graphische Darstellung nur ergänzend, beispielsweise bei Wartephasen an Kreuzungen, nutzen.

Hinsichtlich des Informationsgehaltes sind ENMS sehr stark auf ihre Funktion als

Abbildung 5: ENMS für den KFZ Bereich, perspektivische Kartenansicht (Quelle: www.garmin.com, Presseabbildungen)

Navigationshilfe zugeschnitten. Die verfügbaren Inhalte sind vergleichsweise knapp und stark abstrahiert. Der dargestellte Raum ist immer nur auf einen kleinen Ausschnitt des Gesamtbildes beschränkt.

Bewegt man sich nun mit Hilfe eines ENMS entlang einer Route durch den Raum, so wird einem im Laufe der Reise räumliche Information in Form eines Korridors entlang der gefahrenen Strecke dargeboten (siehe auch Abbildung 5). Dies kann darauf hindeuten, dass eher die Bildung von Routenwissen gefördert wird, da eigentlich keine zusätzlichen Informationen über die räumlichen Gegebenheiten abseits der Route, wie sie bei herkömmlichen Karten verfügbar, und zur Bildung von Überblickswissen notwendig sind, entnommen werden können.

3.5.4 Guidance

In der Einleitung zu Abschnitt 3.5 wurde darauf hingewiesen, dass es bei der Auseinandersetzung mit dem Raum die Möglichkeit gibt, auf bereits vorhandenes, fremdes Wissen zurückzugreifen. Als Beispiel wurde dafür eine Karte als Medium zur Übertragung oder Vermittlung solches Wissens genannt. ENMS wurden ebenfalls dieser Kategorie zugeordnet, da auch sie sich kartenähnlicher Darstellungen bedienen.

Es gibt allerdings eine weitere Unterscheidung zwischen Karte und ENMS. An dieser Stelle wird der Begriff der Guidance eingeführt. Guidance bedeutet soviel wie ‘Führung’. Damit wird eine spezielle Form der Darbietung räumlichen Wissens bezeichnet.

Das vorhandene Wissen liegt hier nicht, wie etwa bei einer Karte, in vollständiger

Form vor, wobei der Nutzer entscheidet, welche Inhalte daraus extrahiert und in die Realität übertragen werden müssen. Die Informationen werden vielmehr sukzessive, entsprechend dem Forschritt der Reise entlang der Route präsentiert. Die Informationen beschränken sich dabei auf Handlungsanweisungen, die an der richtigen Stelle gegeben werden, wie etwa 'an der nächsten Ampel links abbiegen'. Wie angesprochen, bieten Karten das gesamte ihnen innewohnende räumliche Wissen simultan dar, und überlassen es bzw. ermöglichen es dem Nutzer, sämtliche für die Wegfindung notwendigen Informationen daraus abzuleiten. Dabei spiegelt die Karte in ihrer Struktur die geographische Struktur der Wirklichkeit wieder. Navigation durch den Raum mittels direkter Anleitung beruht hingegen auf einer stark konzeptuell-linguistischen Struktur [Freska 1999, S. 6]. Versucht man hier wieder abzuschätzen, welchen Einfluss der Einsatz konzeptueller Strukturen bei der Wegfindung auf das räumliche Wissen hat, so stößt man auf eine Verwandtschaft zu prozeduralem Wissen. Wie weiter oben gezeigt wurde, ist der Erwerb prozeduralen Wissens eng mit der Bildung von Routenwissen verknüpft (siehe Abschnitt 4.3.). Auch scheint die Perspektive, aus der Richtungsanweisungen gegeben werden, eher die Bildung von Routenwissen zu fördern. Diese Anweisungen haben zumeist egozentrischen Charakter. Das oben genannte Beispiel ('an der Ampel links abbiegen') zeigt dies ganz klar. Begriffe wie 'links', 'rechts', 'oben' und 'unten' gehen in ihrem Kontext immer von der Position des Beobachters aus, und zwingen ihn eine egozentrische Perspektive einzunehmen.

Sowohl ENMS, aber auch die Unterstützung durch einen hilfsbereiten Beifahrer stellen Verfahren dar, bei denen das Prinzip der Guidance zur Anwendung kommt.

Die vergleichende Betrachtung der inhaltlichen Ebene der unterschiedlichen Methoden zur Aneignung des räumlichen Wissens ist an dieser Stelle abgeschlossen. Der nächste Abschnitt beschäftigt sich nun mit der Frage nach der menschlichen Lernfähigkeit und der Fähigkeit der verschiedenen angesprochenen Methoden die Lernmechanismen zu unterstützen.

3.6 Gedächtnis

Zu Beginn des vorigen Abschnitts wurde angekündigt, dass die Suche nach den Ursachen für die unterschiedliche Entwicklung kognitiver Karten bei Verwendung verschiedener Hilfsmittel und Methoden zur Auseinandersetzung mit dem Raum, in dieser Betrachtung an zwei verschiedenen möglichen Punkten ansetzt. Der erste Ansatzpunkt findet sich im inhaltlichen Bereich. Es stellte sich die Frage, welche Art von Information sich eigentlich bei jeder der angesprochenen Methoden erwerben lässt. Es hat sich ge-

zeigt, dass Unterschiede existieren, aber auch, dass ihre Quantifizierung schwierig ist. Dieser Aspekt wurde im vorigen Abschnitt behandelt.

Zum zweiten Ansatzpunkt gelangt man, indem man der Argumentation folgt, dass zwar der verfügbare Informationsgehalt wesentlich ist, aber dass jede Information ihren Wert verliert, wenn man diese nicht im Gedächtnis behalten kann. Es stellt sich also einerseits die Frage, wie der Mensch räumliche Informationen behalten kann, also lernt, und andererseits welchen Einfluss die angesprochenen Methoden auf diesen Lernprozess haben.

3.6.1 Gedächtnismodell

In Abschnitt 3.2 wurde bereits darauf hingewiesen, dass es sich beim menschlichen Gedächtnis nicht um eine einheitliche, organisierte Struktur handelt, sondern dass Informationen in grundsätzlich zwei Arten von Gedächtnis abgelegt sein können. Diese zwei Kategorien wurden dann in Abschnitt 3.3 um den sensorischen Speicher erweitert. Ein klassisches Gedächtnismodell gliedert das menschliche Gedächtnis in eben jene drei, aneinander gereihten Bereiche, je nach Dauer die eine Information im jeweiligen Bereich verbleiben kann. Man spricht vom sensorischen Speicher, dem Kurzzeitgedächtnis und dem Langzeitgedächtnis.

Der sensorische Speicher wird in ein auditorisches und ein ikonisches Gedächtnissystem gegliedert, wobei jeweils entweder akustische oder visuelle Wahrnehmungen für einen sehr kurzen Zeitraum behalten werden. Diese Form von Gedächtnis dient dazu, Informationen, wenn sie das erste Mal Eingang gefunden haben, zwischenzuspeichern. In dem kurzen Zeitraum, für den diese Informationen verfügbar sind, entscheidet sich ob die entsprechenden Informationen im System verbleiben oder, als unwichtig eingestuft, verworfen werden. Bei dem Zeitraum handelt es sich um eine Größenordnung von einigen Millisekunden bis hin zu wenigen Sekunden [Anderson 2007, S. 206f].

Wurde eine Information für relevant befunden, so wird sie in das Kurzzeitgedächtnis transferiert. Das Kurzzeitgedächtnis speichert Informationen für Zeiträume im einstelligen Minutenbereich. Der Vorstellung vom Kurzzeitgedächtnis liegen einige grundsätzliche Annahmen zu Grunde, von denen hier zwei beleuchtet werden sollen. Zum einen handelt es sich dabei um die begrenzte Kapazität, über die das Kurzzeitgedächtnis verfügt. Der ständige Strom an Information, die aus dem sensorischen Speicher stammt, 'schiebt' dabei immer die ältesten noch vorhandenen Informationen aus dem Speicher. Ist dies geschehen, so sind diese unwiderruflich verloren. Dabei wurde eine Größe von 7 ± 2 Informationseinheiten angenommen. Als Informationseinheiten werden in der Regel einzelne Zeichen wie Buchstaben oder Zahlen verstanden. Das bedeutet, dass erwach-

sene Menschen eben 7±2 einsilbige Wörter (z.B. Hund, Schaf, Haus,...) gleichzeitig im Kurzzeitgedächtnis behalten kann. Man spricht hier auch von der 'Millerschen' Zahl[7]. Können die Informationseinheiten allerdings sinnvoll strukturiert werden, so lassen sich weitaus mehr Informationen ablegen. Als Beispiel dient hier geschriebene Sprache. Sollen unzusammenhängende Buchstaben nachgesprochen werden, so kann eine Menge von 7±2 Buchstaben gemerkt werden. In dem bereits angesprochenen Fall der einsilbigen Wörter können ebenfalls 7±2 Wörter im Kurzzeitgedächtnis behalten werden - dies sind aber deutlich mehr als 7±2 Einzelbuchstaben. Interessant in diesem Zusammenhang ist die Tatsache, dass die Zahl Sieben eine besondere Bedeutung für den Menschen hat (Die sieben Weltwunder, die sieben Todsünden, die sieben Primärfarben nach Newton, die sieben Töne c-d-e-f-g-a-h,...). [Miller 1956, Anderson 2007, S. 210, Bemmerer 2003, S. 17].

Die zweite Annahme betrifft den Mechanismus, mit welchem Informationen vor dem Verlust gerettet werden und damit in das Langzeitgedächtnis übergehen. Es wurde angenommen, dass das Memorieren, also das Auswendiglernen, der betreffenden Informationen zum Übergang vom Kurzzeit- ins Langzeitgedächtnis verantwortlich zeichnet. Damit ist gemeint, dass das Ausmaß des Memorierens in einem Verhältnis zu dem Ausmaß an Information, welches in das Langzeitgedächtnis übergeht, steht. Experimente zeigten allerdings, dass passives Memorieren, zum Beispiel einfaches Vorsagen, bald nur noch eine geringe Verbesserung der Gedächtnisleistung brachte. Dies deutet darauf hin, dass nicht die Dauer des Memorierens die entscheidende Rolle spielt. Es konnte gezeigt werden, dass die Tiefe, mit der die Inhalte verarbeitet werden, den Ausschlag geben. Der britische Psychologe Alan Baddeley passte das Konzept des Kurzzeitgedächtnisses an, und nannte es Arbeitsgedächtnis. Er postuliert, dass das Arbeitsgedächtnis aus drei Bestandteilen besteht. Dies sind die artikulatorische Schleife, der bereits erwähnte räumlich-visuelle Notizblock und die zentrale Exekutive. Diese Theorie wurde später noch um einen vierten Bestandteil, den episodischen Puffer, ergänzt.

Die artikulatorische Schleife sowie der räumlich-visuelle Notizblock stellen Systeme dar, mit deren Hilfe Informationen innerhalb des Arbeitsgedächtnisses am Leben gehalten werden können. Der episodische Puffer dient als multimodaler, begrenzter Zwischenspeicher, um längere Konstrukte bzw. Ergebnisse der beiden anderen Systeme für die weitere Verarbeitung aufnehmen zu können. Die letzte Einheit, die zentrale Exekutive verknüpft die drei anderen Untersysteme. Dabei fungiert sie als Instanz, die den Fluss von Informationen zwischen den Untersystemen, aber auch zwischen

[7]George A. Miller stellte das Vorhandensein dieser Grenze von 7±2 Informationseinheiten fest

Arbeits- und Langzeitgedächtnis steuert. In der Literatur wird das Beispiel der Multiplikation mehrstelliger Zahlen zur Erläuterung herangezogen. Die zentrale Exekutive ermittelt hier wie eine Multiplikation überhaupt durchzuführen sei, welche Überträge anfallen, wo diese zwischengespeichert werden können und welche der Untersysteme dazu benutzt werden sollen[8].

Hinsichtlich der Begrenztheit des Arbeitsgedächtnisses veränderte Baddeley die Sichtweise insofern, als dass er zeigen konnte, dass nicht eine feste Zahl an Informationseinheiten das limitierende Element ist, sondern sich dies durch eine Zeitspanne darstellt. Experimente zeigen, dass die Zahl, der im Arbeitsgedächtnis verfügbaren Informationseinheiten, davon abhängt, wie lange man für deren Aussprache benötigt. Es lassen sich beispielsweise mehr einsilbige Wörter unmittelbar nach dem Lesen wiedergeben, als beispielsweise drei- oder mehrsilbige Wörter.

Der Zeitraum, in dem die Informationen dazu unterzubringen sind, liegt bei etwa 1,5 bis 2 Sekunden. Längere Konstrukte werden, wie erwähnt, in den episodischen Puffer verlagert [citealp[S. 210ff]And2007, Baddeley 2002, Bemmerer 2003, S. 17].

Das Modell von Baddeley ist für Fragestellungen hinsichtlich räumlichen Wissens insofern interessant, als es starke Parallelen mit dem multimodalen Charakter räumlicher Repräsentationen aufweist. Dies wirft die Frage auf, die hier allerdings unbeantwortet bleiben muss, welchen unmittelbaren Beitrag die Strukturen innerhalb des Arbeitsgedächtnisses auf die Formierung und Struktur räumlichen Wissens hat.

Ein weiterer Anknüpfungspunkt zum Thema des räumlichen Wissens stellt der Umstand dar, dass das Kurzzeit- bzw. Arbeitsgedächtnis einen Arbeitsspeicher darstellt, der dazu dient, die für die Navigation notwendigen Informationen aufzunehmen [Bemmerer 2003, S. 9]. Zur Erläuterung kann man sich eine Reise von Wien nach beispielsweise London vorstellen. Dazu müssen verschiedene Etappen bewältigt werden. Es muss zunächst der Weg von der Wohnung zum Flughafen überbrückt werden. Dieser Weg muss auch noch in einen Abschnitt 'Wohnung-Transportmittel' und einen zweiten Abschnitt 'Ausgangspunkt Transportmittel-Flughafen' gegliedert werden. Der Flug zählt, was räumliches Wissen anbelangt, nur bedingt zu den Etappen, da man hier weder nennenswerte räumliche Hinweise, noch verwertbare kinästhetische Wahrnehmungen[9] verarbeiten kann. In London angekommen, muss wieder der Weg zu einem

[8] Eine Multiplikation im Kopf kann einerseits analog zu einer Multiplikation auf Papier im räumlich-visuellen Notizblock, aber auch schrittweise und sprachlich mit Hilfe der artikulatorischen Schleife gelöst werden [Anderson 2007, S. 215]

[9] Natürlich kann man die Beschleunigung und Lageänderungen des Flugzeugs wahrnehmen. Allerdings ist es fraglich, wie gut der Mensch in der Lage ist, eine kombinierte Bewegung aus einem Kippen entlang der Längsachse des Flugzeuges und gleichzeitiger Drehung (gieren), wie sie etwa bei gekrümmten Flugbahnen auftritt, in eine Vorstellung eines Pfades im Raum umzuwandeln - besonders, da der

Transportmittel und dann weiter zum Bestimmungsort gefunden werden.

Betrachtet man diese Etappen und die Zeiträume, die beispielsweise zwischen Abfahrt und Ankunft liegen, so scheint es fraglich, ob es sinnvoll ist, sich die gesamte Reise über sämtliche Teilstrecken im Bewusstsein zu halten. Es macht vielmehr Sinn, sich die jeweils anstehende Aufgabe zu verinnerlichen und die Aufmerksamkeit nur auf die dazu notwendigen Informationen zu richten. Diese Informationen, z.B. dass der PKW etwa 100m nach der nächsten Querstraße abgestellt ist, kann so vom Langezeitgedächtnis in das Arbeitsgedächtnis geholt werden. Dort werden die Informationen im Rahmen der Steuerung und Überwachung der Wegfindung genutzt. Gleichzeitig können nicht mehr gebrauchte Informationen, etwa bzgl. bereits absolvierter Etappen, gelöscht werden. Dies entlastet das begrenzte Arbeitsgedächtnis und ermöglicht es, die so freigemachten Kapazitäten zu nutzen, um z.B. während des Fluges einen Film anzusehen oder zu lesen.

Das Langzeitgedächtnis ist schließlich der Ort, in den jene Informationen Eingang finden, die sowohl den Selektionsprozess im sensorischen Speicher als auch den Merkprozess im Kurzzeitgedächtnis überstanden haben. Haben Informationen diesen Übergang geschafft, so kann man von ihnen als Wissen sprechen (siehe dazu Abschnitt 3.3). Dementsprechend ist räumliches Wissen, nämlich die kognitive Karte, in diesem Gedächtnisbereich zu verorten [Bemmerer 2003, S. 9]. Das Langzeitgedächtnis ist in der Lage, Informationen über Jahre zu behalten und diese Informationen bei Bedarf zur Verfügung zu stellen. Informationen werden im Langezeitgedächtnis episodisch oder semantisch enkodiert. Unter die episodische Enkodierung fallen Informationen autobiografischer Natur. Also jene Daten, zu denen ein persönlicher Bezug sowie eine spatiotemporale Verknüpfung vorhanden sind. Das semantische Wissen enthält hingegen das Wissen, welches ein Mensch über die Welt besitzt. Dabei handelt es sich um generisches Wissen wie z.B. verschiedene Fakten, Regeln etc [Bemmerer 2003, S. 18]. Die gespeicherten Informationen sind hinsichtlich ihrer Haltbarkeit und der Geschwindigkeit, mit der sie abrufbar sind, nicht gleich beschaffen. Warum manche Dinge besser behalten werden als andere, ist Thema des nächsten Abschnitts.

3.6.2 Gedächtnisleistung

Bei der Frage nach der Gedächtnisleistung muss zunächst geklärt werden, was damit konkret gemeint ist. Einerseits kann Gedächtnisleistung über die Zugriffszeit, also je-

Bezugsrahmen aufgrund der hohen Geschwindigkeiten eigentlich geographisches Wissen darstellt, welches außerhalb unserer unmittelbaren Wahrnehmung entsteht (siehe Abschnitt 3.3.2) und nur stark eingeschränkte visuelle Hinweise zur Verfügung stehen.

ne Zeit, die benötigt wird, bis eine Information aus dem Langzeitgedächtnis an die Oberfläche gebracht wird, bestimmt werden. Auf der anderen Seite ist auch die Güte des behaltenen Materials von Bedeutung. Damit ist z.B. Vollständigkeit und Richtigkeit der Informationen gemeint. Zum besseren Verständnis ist es notwendig, sich einen kurzen Überblick über verschiedene Gesetzmäßigkeiten im Zusammenhang mit der Speicherung von Informationen im Langzeitgedächtnis zu verschaffen.

Die so genannte Aktivierung bezeichnet einen Vorgang, bei dem die Gedächtnisspur eines bestimmten Elements des Langzeitgedächtnisses aktiviert, und der Zugriff auf die Information damit möglich wird. Das Aktivierungsniveau beeinflusst dabei die Geschwindigkeit und die Wahrscheinlichkeit dafür, dass ein entsprechender Speicherzugriff stattfindet.

Jede Erinnerung verfügt dabei über ein so genanntes Grundniveau der Aktivierung. Dieses entspricht etwa der Bedeutung und der Geläufigkeit, die die jeweilige Erinnerung für die jeweilige Person hat. Geläufige Konzepte haben demnach ein höheres Grundniveau als entfernte nur sporadisch genutzte Informationen.

Denkt man an einen bestimmten Begriff, so werden neben der unmittelbar zugehörigen Gedächtnisspur auch jene Spuren zu Begriffen aktiviert, die in einer assoziativen Verbindung zu dem primären Begriff stehen.

Wie oben angesprochen, ist die Geschwindigkeit und Wahrscheinlichkeit für einen Zugriff auf einen gespeicherten Gedächtnisinhalt abhängig von dem, dieser Erinnerung zugehörigen, Aktivierungsniveau. Dieses seinerseits ist wieder abhängig vom Grundniveau der Aktivierung für die betrachtete Information und von der Aktivierung der assoziativ verbundenen Elemente. Je mehr Elemente auf die betrachtete Information referenzieren, desto besser die Leistung.

Dieser Zusammenhang ist auch Grundlage für das Konzept des sog. Brainstormings bzw. der freien Assoziation, wobei es darum geht, das Gedächtnis zu aktivieren [Anderson 2007, S. 218ff].

Das Grundniveau der Aktivierung wird auch als Stärke der Gedächtnisspur bezeichnet. Mit jedem Zugriff auf ein Element, also jeder Nutzung der Spur, nimmt deren Stärke zu. Das Ausmaß der Stärke bestimmt zu einem gewissen Maße, wie auf das betreffende Element des Langzeitgedächtnisses zugegriffen werden kann. Daraus kann geschlossen werden, dass Übung, also Wiederholung, zu einer Verstärkung der Spur, und damit zu besseren Gedächtnisleistungen führt. Die Stärke wird dabei allerdings nur sukzessive erhöht, und unterliegt damit einer gewissen Konstanz. Das Aktivierungsniveau hingegen neigt zur Fluktuation, da es auch von den jeweiligen Assoziationen und deren Aktivierungsniveaus abhängig ist.

Empirisch wird der Effekt der Verstärkung der Spur durch Wiederholung durch das Verhältnis von Antwortzeit zu Übungstagen gemessen. Dabei addieren Probanden etwa Zahlen in einer großen Zahl an Durchgängen, wobei sich mit zunehmender Übung die Zeit die für die Additionen in Anspruch genommen wird, verkürzt.

Die Daten vieler derartiger Versuche zeigen, dass es einen formalen Zusammenhang gibt, der sich gut durch die Potenzfunktion annähern lässt. Dabei wird deutlich, dass Übung zwar zunächst zu einer starken Verbesserung der Gedächtnisleistung mit sich bringt, dieser Effekt sich aber zusehends abschwächt. Speziell in fortgeschritteneren Übungstagen ist nur mehr eine sehr geringe Veränderung feststellbar [Anderson 2007, S. 224].

Daraus lässt sich nun schließen, dass einfach ein hohes Maß an Übung zu guten Lernergebnissen führt. Übung leistet mit Sicherheit einen Beitrag bei der Verbesserung der Gedächtnisleistung, allerdings existieren Belege dafür, dass es aber vielmehr auf die Verarbeitung des Materials bei der Aneignung des Wissens ankommt. Darauf wurde auch bereits weiter oben Bezug genommen. Ist es möglich, sich bestimmtes Material auf eine tiefe, bedeutungsvolle Art und Weise zu erarbeiten, spricht man auch von Elaboration. Unter anderem gehört dazu, vorhandenes Material durch eine Anreicherung mit zusätzlichen Informationen besser merkbar zu machen. Dabei sind zwei Fälle zu unterscheiden. Der eine Fall bezeichnet den Umstand, dass die zusätzliche Information (das Material zur Anreicherung) gegeben ist, und nur mit aufgenommen werden muss. Der zweite Fall bezieht sich auf eine Situation, in der die jeweilige Person selbständig Inferenzen bilden muss, um diese dann mit der eigentlichen Information zu verknüpfen. Unter Inferenz sind hier Schlussfolgerungen und Annahmen gemeint, die einen inhaltlichen Bezug zur eigentlichen Information besitzen.

In beiden Fällen kommt es zu einem gesteigerten Aufwand bei der Verarbeitung und Speicherung im Gedächtnis. Dieser letzte Aspekt ist im besonderen Maße kennzeichnend für die Elaboration.

Der Aufwand ist allerdings in jedem Fall lohnend, wie ein Experiment zeigt, in dem Versuchspersonen einfache Sätze memorieren sollten, wie z.B. 'Der Arzt hasste den Rechtsanwalt'. Eine Gruppe von Probanden lernten die Sätze im Original, so wie sie in der Aufgabe vorlagen. Die zweite Gruppe wurde aufgefordert, den Satz mit einem elaborativen Zusatz zu versehen, etwa '. . . weil er ihn wegen eines Kunstfehlers verklagte.'. Die oben angesprochene Inferenz ist dem elaborativen Zusatz gleichzusetzen. Die erste Gruppe von Probanden konnte 57% der Sätze wiedergeben. Die Gruppe, die der größeren kognitiven Last ausgesetzt waren, konnten 72% der Sätze wiedergeben, was eine beachtliche Mehrleistung darstellt [vgl. Anderson 2007, S.230f]. Auf diesen Ergeb-

nissen bauen auch verschiedene Lerntechniken auf, auf die hier aber nicht eingegangen werden kann, um thematisch nicht vom eigentlichen Thema abzudriften. Für einen tieferen Einblick sei auf Andersons 'Kognitive Psychologie' verwiesen [Anderson 2007, S. 230ff].

Es wurde gezeigt, dass eine bedeutungsvolle elaborative Verarbeitung zu besseren Leistungen führt. Es existieren auch empirische Befunde, die darauf hindeuten, dass das Entscheidende nicht unbedingt die Bedeutung selbst darstellt, sondern dass es vielmehr auf die kognitive Last oder Anstrengung ankommt, unter der die Informationen aufgearbeitet werden. Offenbar ist das Entscheidende der kognitive Aufwand, der zur Ermittlung eines denkbaren Bedeutungszuwachses (im Beispiel oben wäre dies das Motiv dafür, warum der Arzt den Anwalt hasste) notwendig ist. Dieser wichtige Punkt wird von Anderson folgendermaßen zusammengefasst:

'Eine elaborative Verarbeitung führt auch dann zu besserem Behalten, wenn sich diese Verarbeitung nicht auf die Bedeutung des Materials bezieht.' [Anderson 2007, S. 235].

Elaboration ist kein unwillkürlich oder zufällig auftretendes Phänomen. Wie gezeigt wurde, bedarf es einer bewussten Handlung, im Beispiel war es das Ausdenken eines den Sinn vertiefenden Zusatzes, um den Prozess in Gang zu bringen. Bringt man die Absicht bzw. den bewussten Willen ins Spiel, so kann man sich die Frage stellen, welchen Beitrag die Motivation oder die Absicht zu lernen, auf die Gedächtnisleistung hat.

Lernt eine Person, die mit der Absicht, sich ein bestimmtes Wissen anzueignen, mehr und besser als eine Person, die die entsprechenden Informationen unbewusst, beiläufig aufnimmt? Man ist versucht, diese Annahme als gegeben hinzunehmen. Empirische Untersuchungen zeigen allerdings, dass hier kein Unterschied zu beobachten ist. Allerdings zeigte sich hier auch wieder der Effekt, der bereits bei der Aktivierung bedeutsam war, dass Informationen, die mit einer Bedeutung behaftet waren, besser gemerkt wurden als jene ohne tieferen Gehalt [Anderson 2007, S. 235f]. Diese Erkenntnisse beziehen sich auf die bei solchen Fragestellungen typischen textbasierten Versuchskonzeptionen. Ein differenzierteres Bild stellt sich dar, wenn die Domäne des Textlernens verlassen wird, und man sich räumlichem Wissen zuwendet. Darauf wird später genauer eingegangen.

3.7 Schlussfolgerungen

Ziel der bisher dargelegten Ausführungen ist es, dazu beizutragen, die inhaltlichen Voraussetzungen für eine Einschätzung der in der Hypothese formulierten Annahme zu schaffen.

Zu diesem Zweck wurde die Wahrnehmung des Menschen als Voraussetzung für jede Form der Wissensaneignung betrachtet. Es wurde beleuchtet wie sich räumliches Wissen als eine Form mentaler Repräsentation manifestiert, und in welchem Verhältnis Wahrnehmung und mentale Repräsentation stehen. Der Begriff der kognitiven Karte wurde gesondert besprochen und charakterisiert. Ausgestattet mit diesem Hintergrund an grundlegendem Wissen wurde versucht, die Unterschiede bei der Aneignung räumlichen Wissens unter Einsatz unterschiedlicher Methoden und Hilfsmittel zu identifizieren. Schließlich wurde das Gedächtnis und verschiedener Strategien, die die Gedächtnisleistung beeinflussen, behandelt.

Ziel dieses Abschnittes ist, die thematisch relevanten Erkenntnisse der bisherigen Betrachtungen zueinander in Beziehung zu setzen, um aus dieser Sammlung theoretischer Erkenntnisse auf die zu erwartenden Unterschiede bei der Bildung kognitiver Karten unter bestimmten Bedingungen abschätzen zu können.

Es ist sehr schwer, eine generelle Aussage über den Einfluss, der auf die Unterschiede inhaltlicher Natur zwischen Karten und ENMS bei der Bildung kognitiver Karten zurückzuführen ist, zu machen. Das hat damit zu tun, dass wenn man allgemein von Karten und ENMS spricht, also nicht ein bestimmtes Kartenwerk mit einem bestimmten ENMS vergleicht, in beiden Fällen große Bandbreiten in der Qualität und Umfang bestehen.

Betrachtet man beispielsweise den Streckenplan des Wiener U- und S-Bahnnetzes, so handelt es sich hierbei um ein Topogramm. Wenngleich ein Topogramm nicht den selben Anforderungen wie eine 'echte' Karte genügen muss, so verfügt es dennoch über die, für den zu vermittelnden Inhalt relevanten Informationen - dies sind die Reihenfolge und ungefähre Lage der Stationen sowie der Verknüpfungspunkte zwischen den Linien - werden vollständig und, zwar stark schematisiert, in Relation zur geographischen Wirklichkeit dargeboten. Es ist offensichtlich, dass diese Kartenskizze so stark vereinfacht wurde, dass es praktisch nicht möglich ist, sich damit eine Vorstellung über die geographische Realität zu machen. Die Linienführung wurde begradigt. Dort wo Richtungswechsel notwendig sind, werden diese fast ausschließlich in 45° Stufen umgesetzt. Ohne ergänzende Wegbeschreibung wird es nicht gelingen sich mit dieser Karte in Wien zurechtzufinden. Es ist undenkbar, sich damit umfassendes räumliches Wissen anzueignen. Ganz ähnlich verhält es sich mit Handskizzen, aber auch Zufahrtsplänen, wie sie oft in Postwurfsendungen verschiedener Kaufhäuser zu finden sind.

Betrachtet man auf der anderen Seite die Welt der ENMS und der digitalen Navigationshilfsmittel, so kann man als Beispiel das PC Programm 'Map & Guide' der PTV

AG[10] heranziehen. Das Programm dient dazu, identisch, wie bei den ENMS in Form von spezifischen Geräten, den schnellsten, kürzesten oder schönsten Weg vom Ausgangspunkt zu einem Ziel zu finden. Die hier verwendeten Kartendarstellungen sind maßstabsabhängig. Das heißt, es besteht die Möglichkeit, die Ansicht je nach Bedarf zu vergrößern oder zu verkleinern. Je nach dem wird so die ganze Route, die auch quer durch Europa führen kann, angezeigt, oder aber auch nur das unmittelbare Gebiet in dem sich der Nutzer gerade befindet. In ersterem Fall erhält man eine Übersichtskarte von Europa, die die wichtigsten Straßenverbindungen und politischen Einteilungen enthält. Im letzteren Fall wird eine Karte, die einem herkömmlichen Stadtplan hinsichtlich Inhalt und Erscheinung ganz ähnlich ist, dargestellt. Sehr ähnliche Darstellungen bietet die Internetplattform www.map24.de. Hier fehlt zwar die Möglichkeit zur Selbstverortung, allerdings kann man sich einen (kostenlosen) Überblick über den Inhalt der Kartendarstellungen in den jeweilig verfügbaren Maßstäben machen, die jenen bei 'Map & Guide' ähneln.

Verwendet man nun eines dieser Systeme in einem Modus, bei dem die dargebotenen Informationen in Umfang und Darstellung beispielsweise einem herkömmlichen Stadtplan entsprechen, so kann davon ausgegangen werden, dass auch die Möglichkeiten sich darüber räumliches Wissen anzueignen, mit jenen vergleichbar sind. Bei den beiden Beispielen, dem Netzplan der Wiener Linien, sowie dem Angebot von 'Map & Guide', handelt es sich natürlich in gewisser Weise um Extrema der jeweiligen Domäne. So wie der Netzplan nicht den typischen Vertreter der Welt der Karten darstellt, so wenig entspricht 'Map & Guide' den handelsüblichen ENMS[11]. Das dargestellte Beispiel wurde bewusst so gewählt, da es deutlich zeigt, dass es einen Bereich gibt, in dem der Bereich der Karten mit jenem der ENMS inhaltlich verschwimmt.

Wenngleich viele Aspekte darauf hindeuten, dass eine Karte, wie etwa ein Stadtplan, besser dazu geeignet scheint, die Bildung von Überblickswissen, also der kognitiven Karte, zu unterstützen, so argumentiert etwa Zimmer (2004) auf einer ganz anderen Ebene. Er meint, dass die Fülle von Informationen, die in herkömmlichen Karten enthalten ist, zwei Effekte mit sich bringt:

- Erstens führt dies dazu, dass der Nutzer entscheidet, welche Informationen als

[10] Die Erwähnung des Produktes 'Map & Guide' dient nicht etwa Werbezwecken. Es wurde deshalb auf dieses Produkt eingegangen, weil es in diesem Bereich über einen hohen Bekanntheitsgrad verfügt. Es sei hier angemerkt, dass das angesprochene Produkt in keiner Weise bewertet, noch mit Konkurrenzprodukten verglichen wird.

[11] 'Map & Guide' wird auf PC Systemen bzw. Laptops mit optionaler GPS Antenne verwendet. Die hier zum Einsatz kommenden Bildschirmgrößen stehen natürlich in keinem Vergleich zu den dazu verhältnismäßig kleinen Bildschirmen der ENMS.

relevant erachtet werden, und dass es nicht zwingend diejenigen sind, die der Kartograph als solche erachtet.

- Zweitens erschwert die Fülle an Information die kognitive Verarbeitung, oder auch, Enkodierung.

Er schlägt vor, Karten genauer an die situationsabhängigen Bedürfnisse des Nutzers anzupassen. Dies kann beispielsweise dadurch erreicht werden, dass nur ein Subset der gesamten Information dargeboten wird. Diese inhaltliche Reduktion auf die wesentlichsten Elemente soll gewährleisten, dass die kritische Information auch unter Bedingungen eingeschränkter Aufmerksamkeit erfasst werden können. Die Reduktion erleichtert auch die Darstellung auf mobilen Geräten mit ihren kleineren Bildschirmen. Dazu zeigt er anhand eines Experimentes, dass zur Bildung von Überblickswissen die relevanten Informationen nicht gleichzeitig dargeboten werden müssen, sondern dass auch die sukzessive Darbietung von Kartenfragmenten dazu ausreichend ist. Als eine mögliche Ursache, warum dies so sei, nimmt er Bezug auf die visuelle Wahrnehmung. Da das Auge nur in einem kleinen Bereich des Gesichtsfeldes wirklich scharf abbildet, springt der Blick über ein zu betrachtendes Objekt, wie etwa eine Karte. Zimmer zieht aus den daraus resultierenden Blicksprüngen den Schluss, dass auch im Falle einer vollständigen, herkömmlichen Karte nur Fragmente wahrgenommen werden, die erst durch kognitive Prozesse zusammengeführt werden. Demnach mache es keinen Unterschied, ob das dargebotene Wissen fragmentarisch vorliegt oder nicht [Zimmer 2004].

Inwieweit sich das so verhält oder nicht, lässt in diesem Rahmen nicht klären. Es scheint schwierig, eine eindeutige Antwort auf die Frage nach dem Einfluss des Inhaltes der Darbietung räumlichen Wissens auf die Bildung von Überblickswissen zu geben. Viele Möglichkeiten, räumliches Wissen aufzunehmen, stehen einem Modell über die Gestalt der mentalen Repräsentation des Raumes gegenüber, das seinerseits keine scharfe Abgrenzung zwischen den angenommenen Stadien der Entwicklung räumlichen Wissens erlaubt. Speziell der zuletzt genannte Aspekt, also die Struktur räumlichen Wissens und den fließenden Übergängen zwischen Landmarken-, Routen- und Überblickswissen, scheint hier besonders dazu beizutragen, das Verhältnis zwischen Ursache und Wirkung zu verschleiern. Lässt man nun die inhaltliche Ebene wegen ihrer Ambivalenz bei der weiteren Betrachtung außen vor, so muss man sich dem verbleibenden methodischen Zugang zuwenden.

Die Verwendung von Karten unterscheidet sich von jener von ENMS in einem gravierenden Punkt. Die Benutzung einer Karte bei der Wegfindung erfordert zunächst die Fähigkeit, sich mit Hilfe einer Karte selbst im Raum verorten zu können. Dazu ist es

notwendig, die Elemente der Wirklichkeit mit den korrespondierenden Karteninhalten richtig in Relation zu setzen. Die nun notwendige Suche nach der am besten geeigneten Route, um von einem Punkt A zu einem Punkt B zu gelangen, verlangt Kartenbenutzern ebenfalls eine gewisse kognitive Leistung ab. Zum einen müssen die Punkte auf der Karte identifiziert werden. Im Anschluss daran kann nach entsprechenden Routen gesucht werden. Nach dem in der Regel mehrere denkbare Verbindungen zwischen zwei Punkten in einem Straßennetz existieren, muss eine Auswahl getroffen werden. Dazu ist es notwendig, eine Einschätzung über die Qualität jeder einzelnen Route zu treffen und diese dann miteinander zu vergleichen. Der Kartennutzer muss also, geht man davon aus, dass ihm das Gebiet gänzlich unbekannt ist, basierend auf Informationen, die aus der Karte zu erschließen sind, wie etwa die Straßenart, die Lage des Gebietes, der Uhrzeit etc., Annahmen bezüglich des zu erwartenden Verkehrsaufkommens etc. treffen.

Bis die betreffende Person schließlich am Ziel angelangt ist, musste eine Vielzahl an kognitiver Leistung vollbracht werden. Dazu muss auch der Aufwand gerechnet werden, der beim Merken des jeweiligen Routenabschnittes während der Fahrt anfällt. Addiert man hier noch den kognitiven und manuellen Aufwand, der der Beschäftigung mit dem physischen Kartenwerk innewohnt, so erhält man einen Eindruck bezüglich des zu bewältigen Aufwandes. Viele Menschen empfinden das Kartenlesen als anstrengend und fühlen sich gestresst, wenn sie z.B. eine Autoreise mit Hilfe einer Karte bewältigen sollen [Burnett und Lee 2005, S. 5].

Das ENMS nimmt dem Nutzer viel von diesem Aufwand ab. Wurde der gewünschte Zielpunkt angegeben, wird automatisch die beste Route entsprechend der gemachten Vorgaben, oft die schnellste Verbindung, berechnet. Manche Geräte berücksichtigen hier sogar die aktuelle Verkehrslage, die sie dem Verkehrsfunk entnehmen. Schließlich unterstützt das Gerät den Kfz-Lenker, indem es während der Fahrt zum richtigen Zeitpunkt die entsprechenden Richtungsanweisungen gibt. Ebenso wie ein guter, ortskundiger Beifahrer befreit das ENMS den Kfz-Lenker von der kognitiven Last, die die Verwendung einer herkömmlichen Karte normalerweise mit sich gebracht hätte.

In der Literatur finden sich deutliche Hinweise darauf, dass die Bildung kognitiver Karten eng in einem positiven Zusammenhang mit dem damit verbundenen kognitiven Aufwand steht. Dies führt nun auch zu einer thematischen Verknüpfung mit der Frage nach der Gedächtnisleistung wie in Abschnitt 4.6. angesprochen. Dort wurde gezeigt, dass tiefe, bedeutungsvolle Beschäftigung mit einer Information zu deren besseren Verankerung im Gedächtnis geführt hat.In der Literatur finden sich deutliche Hinweise darauf, dass die Bildung kognitiver Karten eng in einem positiven Zusammenhang

mit dem damit verbundenen kognitiven Aufwand steht. Dies führt nun auch zu einer thematischen Verknüpfung mit der Frage nach der Gedächtnisleistung wie in Abschnitt 4.6. angesprochen. Dort wurde gezeigt, dass tiefe, bedeutungsvolle Beschäftigung mit einer Information zu deren besseren Verankerung im Gedächtnis geführt hat.

Die im angesprochenen Abschnitt angesprochenen empirischen Befunde fußten meist auf Experimenten, in denen mit Text bzw. Zahlen gearbeitet wurde. Um nun die Erkenntnisse aus diesem Bereich mit der Domäne des räumlichen Wissens zu verknüpfen, ist es notwendig noch einmal auf den Begriff der Guidance einzugehen. Der wichtigste Aspekt stellt dabei der, im Vergleich zur Verwendung einer herkömmlichen Karte, praktisch fehlende Anteil an kognitiver Leistung für die Aufgabenbereiche, die mit der Wegfindung in Zusammenhang stehen, dar. In Abschnitt 4.6. wurden drei Einflussgrößen auf die Gedächtnisleistung bezeichnet. Dabei handelte es sich um den Einfluss von Wiederholungen, Elaboration und bewusstes Lernen. Reist man nun unter Einsatz eines ENMS, also unter Guidance, so wird keines der drei Lernprinzipien zur Anwendung gebracht.

Beim Einsatz von Karten muss im Zuge der Navigation in gewissen Abständen, die von der Länge der Etappen, die man sich merken kann, abhängig sind, immer wieder auf die Karte geblickt werden, um sich neu zu verorten. Jeder dieser Vorgänge stellt sozusagen eine Wiederholung des in der Karte vermittelten räumlichen Wissens dar. Wird hingegen ein ENMS verwendet, findet keine einzige Wiederholung statt. Das vorhandene räumliche Wissen, das noch dazu in wesentlich spärlicherer Form dargeboten wird als bei einer Karte, wird in einer wiederholungsfreien sequentiellen Abfolge abgespult.

Hinsichtlich elaborativer Effekte, also einer tiefen, bedeutungsvollen Erarbeitung des dargebotenen räumlichen Wissens steht die Karte im selben Verhältnis zum ENMS wie im Fall der Wiederholung. Die Benutzung einer Karte erzwingt die Auseinandersetzung mit dieser. Weiter oben wurde bereits auf die notwendigen Schritte eingegangen, die für einen erfolgreichen Einsatz einer Karte zur Wegfindung notwendig sind (Selbstverortung, Wahl der Route, laufender Wechsel zwischen egozentrischer und allozentrischer Perspektive). All diese Punkte bedürfen eines hohen kognitiven Aufwandes und beständiger Aufmerksamkeit. Sie sind zweifelsfrei als elaborative Vorgänge zu bezeichnen. Bei ENMS ist dieser elaborative Beitrag nicht vorhanden.

Weiter oben wurde die Frage, ob intentionelles Lernen zu besseren Ergebnissen führt, wenn Informationen nicht nur beiläufig aufgenommen werden, angesprochen. Es wurde gezeigt, dass beabsichtigtes Lernen keine besseren Ergebnisse liefert. Im Bereich des räumlichen Wissens muss diese Erkenntnis differenzierter betrachtet werden. Experi-

mente deuten darauf hin, dass die Absicht räumliches Wissen aufzunehmen die Bildung von Überblickswissen unterstützt. Beiläufig gelernte räumliche Zusammenhänge stehen hier eher für Routenwissen. Die Bildung von Routenwissen lässt sich durch intentionelles Lernen nicht verbessern [Van Asselen et al. 2006].

Legt man diese Erkenntnisse auf die gegenständliche Frage um, so kann die Nutzung von Karten eindeutig dem Bereich des intentionellen Lernens zugeordnet werden. Dies lässt sich argumentieren, indem man den Prozess der Wegfindung mittels Karte beleuchtet. Es wurde bereits gesagt, dass zunächst der Startpunkt, also die eigene Position verortet werden muss, danach wird eine Entscheidung bzgl. einer Route getroffen. Wenn die Strecke nicht außerordentlich kurz oder besonders einprägsam ist, wird es notwendig sein, sich zunächst den ersten Abschnitt, also vom Startpunkt zu einem ersten Wegpunkt, zu merken. Man muss sich also bewusst die notwendigen Informationen so einprägen, dass sie während der Reise zum ersten Wegpunkt verfügbar bleiben [Burnett und Lee 2005, S. 5].

Es wurde angeführt, dass manche Menschen die Nutzung von Karten als anstrengend und als Stress auslösend empfinden. Ergänzend dazu sei an dieser Stelle noch darauf hingewiesen, dass es empirische Befunde gibt, die aufzeigen, dass Stress im Allgemeinen zu einer Verbesserung der Fähigkeit der Konzentration auf die aktuelle Aufgabe und damit zur Bildung einer kognitiven Karte beiträgt [Burnett und Lee 2005, S. 5]. Dem entspricht auch ein Hinweis aus der Literatur, dass die Ablenkung durch eine andere Tätigkeit zu einer Verschlechterung bei der Bildung räumlichen Wissens führt [Van Asselen et al. 2006, S. 102].

Ziel eines ENMS ist es ja per definitionem, dem Nutzer die Last der Navigationsaufgabe abzunehmen. Das bedeutet letztlich, dass je besser und ausgereifter sich ein ENMS darstellt, umso weniger kognitive Last auf den Benutzer abgewälzt wird.

Es wurde gezeigt, dass die kognitive Last, die bei der Bewältigung von Navigationsaufgaben bei Einsatz einer herkömmlichen Karte auftritt, einen großen Beitrag zur Bildung und Verankerung des räumlichen Wissens leistet. Auf die Bedeutung der Elaboration bei der Formierung kognitiver Karten gibt es deutliche Hinweise aus der Literatur [Dillemuth et al. 2007, S. 55, Aslan et al. 2005, S. 107, Burnett und Lee 2005, S. 5, Van Asselen et al. 2006, S. 104, Parush et al. 2007, S. 250f].

Zusammenfassend lässt sich daraus ableiten, dass die Bildung räumlichen Wissens durch den Einsatz von ENMS im Verhältnis zur Nutzung von Karten eingeschränkt wird. Die wesentlichsten, ursächlichen Faktoren lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Elaboration bzw. tiefe, bedeutungsvolle Verarbeitung der Informationen

- Wiederholung
- Intentionelles Lernen

Die Bedeutung dieses Befundes ist abhängig davon, wie man eine erfolgreiche Bewältigung einer Navigationsaufgabe definiert. Man ist versucht anzunehmen, das einfache Erreichen des Zielortes sei alles, was dabei entscheidend wäre. In diesem Fall stellt ein ENMS die nahezu perfekte Wahl des Mittels dar.

Ein umfassenderer Ansatz verbindet mit der Navigationsaufgabe die gleichzeitige Bildung einer möglichst guten mentalen Vorstellung des jeweiligen Raumes. Dabei darf die Bedeutung dieses Wissens nicht unterschätzt werden. Das Vorhandensein einer kognitiven Karte erlaubt es der betreffenden Person zwischen verschiedenen alternativen Routen zu wählen, um z.B. einem Stau aus dem Weg gehen zu können oder Ähnlichem. Zusätzlich kann man folgern, dass der anfänglich erhöhte Aufwand bei der Navigation mittels herkömmlicher Karte mit jedem weiteren Einsatz in dem betreffenden Gebiet abnimmt, bis schließlich keinerlei Unterstützung durch die Karte erforderlich ist, und die betreffende Person intuitiv ihren Weg durch das Areal findet. Dem entgegen steht das ENMS, bei dem die 'Einstiegshürde' praktisch nicht vorhanden, oder zumindest nur sehr gering ist, aber auch nie die Unabhängigkeit eines Kartenbenutzers erreicht wird [Burnett und Lee 2005]. Kevin Lynch berichtet von Situationen, in denen sich der Mangel an räumlichem Wissen sogar körperlich in Form eines andauernden Schwindelgefühls manifestierte [Lynch 1960, S. 125].

Aus all dem lässt sich schließlich folgern, dass zur Bildung einer kognitiven Karte bzw. von Überblickwissen ENMS nicht das richtige Hilfsmittel darstellen.

4 Empirische Untersuchung

4.1 Fragestellung

Das vorliegende Kapitel befasst sich mit einer durchgeführten Untersuchung zur Frage nach Vorhandensein und Ursache der Unterschiede im gebildeten räumlichen Wissen von Kfz-Lenkern, je nach dem, welches Hilfsmittel diese zur Bewältigung von alltäglichen Navigationsaufgaben einsetzen. Eingang finden hierbei herkömmliche Karten bzw. Stadtpläne sowie ENMS.

Die Literatur gibt Hinweise darauf, dass der Einsatz von ENMS zu geringerem räumlichen Wissen führt als bei der Verwendung einer herkömmlichen Karte. Als Ursachen dafür kommt einerseits der jeweils vermittelte Inhalt aber in besonderem Maße auch der elaborative Aufwand, der mit der Anwendung der jeweiligen Methode verbunden ist, in Frage. Der dargebotene Inhalt ist stark von der konkreten Karte bzw. dem konkreten ENMS abhängig. Dadurch ist eine generelle Aussage bzgl. des Verhältnisses von Karte zu ENMS im Hinblick auf die Bildung räumlichen Wissens auf dieser Basis schwierig. Diesbezüglich lohnender ist die Konzentration auf den elaborativen Aufwand, der mit der jeweiligen Methode verknüpft wird. Hier kann zwischen einer bedeutungsvollen, elaborativen Verarbeitung der Informationen bei Verwendung der Karte und einer stark reduzierten Elaboration im Falle des ENMS unterschieden werden. Hierzu lassen sich auch allgemeingültige Aussagen formulieren. Es wird angenommen, dass die Lernleistung mit zunehmender Tiefe und bedeutungsvoller Verarbeitung - der Elaboration - zunimmt. Darauf wurde bereits in Kapitel 4 ausführlich eingegangen.

Ziel dieser Untersuchung ist es, die aus der Literatur gewonnenen Erkenntnisse wie sie in den vorangegangenen Kapiteln beleuchtet wurden, zu illustrieren und zu prüfen.

4.2 Realexperiment

Die meisten bisherigen Untersuchungen wurden unter Laborbedingungen durchgeführt. Dabei wurde den Probanden etwa Videomaterial vorgeführt, dass die Fahrt durch ein

Stadtviertel zeigte. Gleichzeitig wurden an den entsprechenden Stellen die notwendigen Richtungsanweisungen gegeben. Im Anschluss daran wurde mit verschiedenen Methoden, wie etwa Aufgaben zur Richtungseinschätzung, das so erworbene räumliche Wissen abgefragt [Jackson 1996]. In anderen Experimenten kommen Fahrsimulatorsysteme zum Einsatz, in denen die Testperson fast wie in einer realen Situation Entscheidungen über Richtungswechsel treffen und Aufgaben wie die Wegfindung lösen kann [Burnett und Lee 2005].

Die Entscheidung, eine Untersuchung unter Laborbedingungen durchzuführen, zieht verschiedene Vorteile nach sich. Prinzipiell ist es das idealisierte Ziel jeder Untersuchung, von einer unabhängigen Variable auf eine Ergebnisvariable schließen zu können. Die Laborumgebung erlaubt es, das Umfeld des Experimentes so zu gestalten, dass viele störende Einflüsse abgeschirmt werden, sodass möglichst Eingangs- und Ergebnisgröße isoliert betrachtet werden können.

Bei der Erforschung von Fragestellungen im Zusammenhang mit kognitiven Karten sind die Vorgänge um die Wahrnehmung von besonderer Bedeutung. Der Mensch bedient sich bei der Orientierung und Navigation im Raum der Wahrnehmung aus verschiedenen Sinnesorganen. So arbeiten z.B. das Auge, das Ohr (Gleichgewicht, Gehör) sowie die kinästhetischen Sensoren zusammen, um unseren Verstand mit den für die Orientierung und Navigation notwendigen Informationen zu versorgen. Bei Laborversuchen kann in den meisten Fällen nur auf die visuelle und akustische Komponente eingegangen werden[12] , wodurch keine bzw. widersprüchliche Informationen aus den anderen Sinnesorganen verarbeitet werden können. Während man beispielsweise im Simulator 'fährt' meldet der Gleichgewichtssinn, dass man sich in Ruhelage befindet.

Die gegenständliche Untersuchung wurde als Realexperiment konzipiert. Dadurch wird gewährleistet, dass die Probanden während des Experimentes auf das volle Spektrum an Sinneseindrücken zurückgreifen. Ein weiterer Vorzug des Realexperimentes ist, dass eine reale Umgebung in ihrer Komplexität hinsichtlich Gestaltung, Inhalt aber auch dynamische Komponenten wie das Verkehrsgeschehen zur Verfügung steht. Dieser praxisnahe Zugang führt zu einer hohen Nachvollziehbarkeit bzw. Validität der Ergebnisse.

[12] Erst sehr aufwändige und teure Simulatorstände wie z.B. der dynamische Fahrsimulator des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Braunschweig, ermöglichen durch aufwändige hydraulische Systeme Fliehkräfte, die in der Realität während der Fahrt auftreten, in einem bestimmten Maß zu simulieren.

$http://www.dlr.de/fs/Desktopdefault.aspx/tabid-1236/1690_{r}ead-3257/, besuchtHerbst2008$

4.3 Versuchsaufbau

4.3.1 Versuchsraum

Die Konzeption des Versuches stellte folgende Ansprüche an das auszuwählende Testgebiet:

- Zwei unterschiedliche Teilgebiete ohne Überlappungen mit einem gemeinsamen Ausgangspunkt
- Urbanes Gebiet
- Homogenität der Teilgebiete hinsichtlich des straßenräumlichen Erscheinungsbildes
- Ausreichende räumliche Ausdehnung für eine Fahrzeit von ca. 30 Minuten je Gebiet
- Nähe zu Wien

Die Forderung nach zwei überlappungsfreien Teilgebieten mit urbanem, homogenem Charakter in angemessener Größe - immerhin wird handelt es sich um ein Realexperiment unter Verwendung von Personenkraftwagen - dienen dazu, die ermittelten Ergebnisse nachvollziehbar zu machen und ungewollte Wechselwirkungen zwischen der Umgebung und den Resultaten zu minimieren. Es wird so auch gewährleistet, dass die ermittelten Ergebnisse des Versuches auch allgemein auf städtische Bereiche übertragen werden können.

In der Konzeptionsphase wurde angenommen, dass die Mehrzahl der Testpersonen in Wien wohnhaft ist, womit auch das Testgebiet möglichst nahe bei Wien liegen sollte, um lange Anfahrtswege zu vermeiden. Der Anspruch eines gemeinsamen Ausgangspunktes für beide Teilgebiete ist in einem einfachen Ablauf des Experiments begründet. Mit diesen Kriterien als Maßstock wurden verschiedene Umlandgemeinden Wiens hinsichtlich ihrer Eignung untersucht. Die in Frage kommenden Gemeinden waren Stockerau, Korneuburg, Schwechat, Baden bei Wien, Mödling, Maria Enzersdorf, Brunn am Gebirge sowie Tulln.

Aus den Gemeinden wurden Mödling und Maria Enzersdorf gewählt, da die beiden Gemeinden als eine Einheit zusammengefasst erlauben, die oben angeführten Bedingungen für die Teilgebiete mehr als ausreichend zu erfüllen. Die Gemeinden liegen unmittelbar im Süden Wiens und sind Teil des Bezirkes Mödling und des Industrieviertels. Es handelt sich hier um zwei eigenständige Gemeinden, die aber de facto

zu einem homogenen Stadtgefüge zusammengewachsen sind. Insgesamt leben rund 29.500 Menschen in den beiden Gemeinden [Statistik 2008b; Statistik 2008a].

Das Stadtbild erscheint in einer für diesen Raum typischen kleinstädtischen Prägung. Beide Gemeinden verfügen über historische Altstadtkerne und ausgeprägte Zonen mit hauptsächlicher Bebauung in Form von Einfamilienhäusern und Villen. Im Westen werden die Gemeinden jeweils durch die Hänge des Wienerwaldes begrenzt. Diese Anhöhen sind von vielen Punkten des Stadtgebietes aus sichtbar.

Die in Nord-Süd-Richtung verlaufende Trasse der Südbahn teilt die Gemeinden in einen östlichen und einen westlichen Bereich. Die Bahn folgt nicht dem natürlichen Verlauf des Geländes und wird demnach abwechselnd erhöht auf Bahndämmen, unter dem Straßenniveau oder auch zu ebener Erde geführt. Dementsprechend kann die Trassierung durch niveaugleiche Bahnübergänge, Brücken und Unterführungen überwunden werden.

Das Straßennetz wird durch die hochrangigen Straßenzüge Wienerstraße und Hauptstraße als Ost - West Verbindung, und der im Westen der Gemeinden liegenden Enzersdorferstraße bzw. Badstraße in Nord - Süd Richtung aufgespannt. Start- und Zielpunkt jedes Durchganges war der Parkplatz des Südstadtzentrums, einem kleinen Nahversorgungszentrum, im Osten des Testgebietes.

Für die Unterbringung des eigentlichen Versuchsraumes, also der zwei Teilgebiete, wurde ein Bereich von etwas mehr als 2 x 2 km des Gesamtgebietes beansprucht. Dabei wurden die beiden Teilgebiete so angeordnet, dass eines südlich des Straßenzuges Wienerstraße und Hauptstraße, und eines nördlich davon zu liegen kommt. Die für den Kfz-Verkehr relevante und charakteristische Trassenführung mit Bahnunterführungen und Schrankenanlagen durchlaufen beide Gebiete.

Jedem Teilgebiet wurden sieben Wegpunkte zugeteilt, die von den Testpersonen in vorgegebener Reihenfolge angefahren werden. Die Wegpunkte wurden so angeordnet, dass die Fahrzeiten zwischen ihnen in etwa gleich lang sind und die sich daraus ergebenden Routen etwa einen gleichen Grad an Komplexität haben. Die Routen wurden überschneidungsfrei in die beiden Teilgebiete eingebettet, die Wegpunkte in Form von Straßennamen und Hausnummern angegeben. Wo es möglich war, wurden die Punkte so festgelegt, dass sich an der betreffenden Stelle eine geeignete Möglichkeit zum Halten des KFZ ergibt.

4.3.2 Teilnehmer

Für die Teilnahme an dem Versuch konnten insgesamt acht Teilnehmer gewonnen werden. Die Teilnehmer setzten sich aus vier weiblichen und vier männlichen Personen

zusammen. Das Alter der Teilnehmer lag zwischen 21 und 29 Jahren (Mittelwert: 26,7 Jahre, σ = 2,71). Alle Teilnehmer verfügen über Hochschulreife und sind bzw. waren in Hochschulausbildung. Die Fahrerlaubnis besitzen die Teilnehmer zum Zeitpunkt der Untersuchung seit 4 bis 11 Jahren.

Vier der Teilnehmer, das sind 50%, geben an, in einem großstädtischen Umfeld zu leben, drei leben in städtischer Umgebung und nur eine Person in einem als ländlich zu charakterisierenden Gebiet. Bei der Frage, wie das Umfeld in dem die Teilnehmer aufgewachsen sind, beschrieben werden kann, geben fünf der Versuchspersonen an, in einem ländlichen Umfeld aufgewachsen zu sein. Zwei Probanden beschreiben den Ort ihres Heranwachsens als großstädtisch und einer als städtisch.

Vier der Teilnehmer schätzen sich als sehr gute Autofahrer ein, zwei als gut. Zwei Personen sehen die eigenen Fähigkeiten diesbezüglich kritischer und bezeichnen sich selbst nur als 'eher gut' bzw. 'eher schlecht'. Zwei Versuchspersonen geben an, fast täglich das Auto zu benutzen. Zwei weitere Teilnehmer bedienen sich häufig ihres PKW. Etwas mehr als ein Drittel der Teilnehmer, nämlich drei, geben an, gelegentlich ein Auto zu benutzen. Nur eine Person nutzt den PKW selten. Es wäre plausibel anzunehmen, dass sich mit häufigerer Nutzung des PKW die Selbsteinschätzung bezüglich der Fähigkeit ein Fahrzeug zu lenken zunimmt. Es konnte allerdings kein entsprechender signifikanter Zusammenhang festgestellt werden. Man kann spekulieren, dass die zu kleine Stichprobe hierfür verantwortlich ist.

Bei der Selbsteinschätzung hinsichtlich der Orientierungsfähigkeit stufen sich fünf Teilnehmer als 'eher gut', zwei als 'gut' und einer als 'sehr gut' ein.

Zwei der Teilnehmer benutzen ENMS regelmäßig. Interessanterweise gibt nur einer von ihnen an, dass das ENMS das liebste Hilfsmittel sei. Allerdings gibt die zweite Person aus der Gruppe der regelmäßigen ENMS-Nutzer, wie auch zwei weitere an, dass die Anweisungen vom Beifahrer das bevorzugte Hilfsmittel seien. Für nur einen einzigen Teilnehmer stellt eine herkömmliche Karte das Mittel der Wahl dar.

Es ist Voraussetzung für die Teilnahme, dass die Probanden über einen eigenen PKW verfügen und keine Ortskenntnisse über das Versuchsgebiet besitzen. Der zweite Aspekt wird mit einem speziellen Auswahlverfahren sichergestellt. Die Probanden werden außerdem noch hinsichtlich der in ihrem Alltag hauptsächlich zum Einsatz kommenden Hilfsmittel zur Wegfindung unterschieden, da dies für den Versuchsablauf von Bedeutung ist. Tabelle 1 gibt einen zusammenfassenden Überblick über die Teilnehmer und die von ihnen gemachten Angaben.

	TN 1	TN 2	TN 3	TN 4	TN 5	TN 6	TN 7	TN 8
Geschlecht	M	M	W	W	M	M	W	W
Alter	26	26	29	28	26	21	29	29
In welcher Umgebung...								
...sind sie aufgewachsen?	städtisch	städtisch	städtisch	großstädtisch	großstädtisch	großstädtisch	großstädtisch	ländlich
..leben sie?	städtisch	ländlich	großstädtisch	ländlich	großstädtisch	ländlich	ländlich	ländlich
Führerschein seit (Jahre)	8	8	10	11	8	4	11	12
Selbsteinschätzung Autofahren	eher schlecht	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut
Häufigkeit Autofahren	gelegentlich	gelegentlich	gelegentlich	fast täglich	gelegentlich	häufig	selten	fast täglich
Selbsteinschätzung Orientierungsfähigkeit	gut	eher gut	eher gut	gut	sehr gut	eher gut	eher gut	gut
Bevorzugtes Hilfsmittel	Hinweisschilder	Anweisung d. Beifahrer	Anweisung d. Beifahrer	Routenplaner	Karte	ENMS	ENMS	Anweisung d. Beifahrer
ENMS/ Karte	K	E	K	K	K	E	K	K

Tabelle 1: Tabellarische Übersicht über die Teilnehmer des Experiments.

4.3.3 Hilfsmittel

Als Hilfsmittel stehen den Teilnehmern ein handelsüblicher Stadtplan in Buchformat sowie ein ENMS zur Verfügung. Bei dem verwendeten Stadtplan handelte es sich um den Stadtatlas 1:20.000 Auflage 2/ 2006 der Kompass-Karten GmbH. Als ENMS kam das Modell 'nüvi 200W' der Firma Garmin zum Einsatz.

4.3.4 Ablauf

Um vom gewählten Hilfsmittel abhängige Unterschiede in der Qualität des angeeigneten räumlichen Wissens ermitteln zu können, ist je ein Durchgang mit Karte und ENMS zu absolvieren. Jeder Durchgang lässt sich in zwei Teile gliedern. Zuerst eignet sich die Testperson räumliches Wissen an, anschließend wird sie einer Befragung unterzogen. Dem ersten Durchgang wird das erste Teilgebiet, und analog dazu dem zweiten Durchgang das zweite Teilgebiet zugeordnet.

Jeder Durchgang beginnt und endet an derselben Stelle - an dem im vorigen Abschnitt erwähnten Parkplatz des Südstadtzentrums. Den Teilnehmern wird immer nur der jeweils aktuelle Wegpunkt mitgeteilt. Die Probanden ermitteln daraufhin eine geeignete Route und fahren mit ihrem PKW das Ziel dementsprechend an.

Jene Probanden die ENMS auch im Alltag verwenden, absolvieren den ersten Durchgang unter Einsatz des ENMS. Der Stadtplan wird dann beim zweiten Versuchsdurch-

lauf verwendet. Für jene Personen, die über keine Erfahrung mit ENMS verfügen, läuft dies genau umgekehrt ab. Sie beginnen mit dem Stadtplan und lassen in Runde zwei das ENMS zum Einsatz kommen. Diese Vorgehensweise soll einen denkbaren Einfluss, den die Routenführung auf die Ausbildung des räumlichen Wissens haben kann, ausgleichen. Es ist vorstellbar, dass eine Route unbeabsichtigt eingängiger ist als die andere - etwa durch das Vorhandensein besonders einprägsamer Landmarken oder ähnlichem.

Würden nun alle Kartendurchgänge immer im selben Testgebiet stattfinden, so könnte ein Unterschied in den Ergebnissen nicht eindeutig auf das verwendete Hilfsmittel zurückgeführt werden. Zusätzlich wird so gewährleistet, dass die Teilnehmer mit der ihnen vertrauten Methode in die ungewohnte Testsituation eintreten.

Vor Beginn der Fahrt wird der Teilnehmer bezüglich verschiedener allgemeiner persönlicher Daten wie dem Ausmaß der bisherigen Fahrpraxis, dem Beruf bzw. Studienzweig, dem Alter, aber auch der Einschätzung über die eigenen Fähigkeiten hinsichtlich Orientierung und dem Lenken eines KFZ befragt. Die Ergebnisse dieser Befragung sind bereits in Abschnitt 4.3.2 thematisiert worden.

Bei Durchgängen, bei denen der Stadtplan als Hilfsmittel zur Verfügung steht, hat der Teilnehmer die Möglichkeit, diesen unbegrenzt zu benutzen, um sich etwa neu zu verorten oder sich den Verlauf der Route zu verinnerlichen. Die Anzahl der Konsultationen des Stadtplanes wird hier vom mitfahrenden Versuchsleiter protokolliert. Auch die vom Teilnehmer tatsächlich gefahrene Strecke wird protokolliert - insbesondere bei einem Durchgang mit der Karte ist dies von Interesse, da hier - im Gegensatz zum Durchgang mit ENMS - eine individuelle und nicht vorhersehbare Streckenführung denkbar ist. Die Aufgabe des Versuchsleiters beinhaltet auch, die Vorbereitungszeit, die nach Bekanntgabe des nächsten Wegpunktes bis zur tatsächlichen Abfahrt des KFZ vergeht, zu dokumentieren. Aufgezeichnet wird auch die Fahrzeit selbst. Über die Aufsummierung der Vorbereitungszeiten und der Fahrzeiten ergibt sich so die Gesamtzeit, die für den Durchgang benötigt wurde.

Die Rolle des Versuchsleiters beschränkt sich grundsätzlich darauf, den jeweils nächsten Wegpunkt vorzugeben und die angesprochenen Informationen zu protokollieren. Sollte sich aber eine Testperson im Testgebiet so verfahren, dass der weitere Ablauf des Experiments gefährdet erscheint, so lotst der Versuchleiter die Testperson zu einem Punkt entlang der Route, von dem aus das Experiment wieder fortgesetzt werden kann.

Bei den Durchgängen, die unter Einsatz des ENMS absolviert werden, wird dem Proband analog zum Kartendurchgang der nächste Wegpunkt mitgeteilt. Der Teilnehmer bedient das ENMS selbst und gibt den entsprechenden Wegpunkt als neues Ziel ein. Sobald das Gerät mit der Erstellung der Route fertig ist, kann der Teilnehmer die

Fahrt aufnehmen. Dabei folgt er den Anweisungen, die durch das ENMS akustisch und visuell übermittelt werden. Hier wird wieder die tatsächlich gefahrene Route sowie die Vorbereitungs- und Fahrzeit durch den Versuchsleiter protokolliert.

Nach Ankunft am vierten Wegpunkt jeden Durchganges wird der Proband ersucht in die Richtung zu deuten, in der der Ausgangspunkt des Experiments vermutet wird. Diese Richtungsangabe wird im Testbogen entsprechend notiert. Danach wird die Fahrt normal bis zur Rückkunft am Ausgangspunkt fortgesetzt. Dort wird dann der zweite Teil, die Befragung des Teilnehmers, in Angriff genommen.

Die Befragung des Teilnehmers dient in erster Linie der Erhebung des während der Fahrt erworbenen räumlichen Wissens. Von Interesse ist hier aber auch, ob sich die Person wohl gefühlt hat, ob sie sich durch die Anwesenheit des Versuchsleiters oder den Verkehr beeinträchtigt gefühlt hat und wie die Person sich selbst im Umgang mit dem jeweiligen Hilfsmittel einschätzt. Die Testpersonen sollen auch darüber Auskunft geben, inwiefern sie sich bei der Versuchsfahrt mit dem jeweiligen Testgebiet vertraut machen konnten. Zur Beantwortung steht den Teilnehmern bei diesen Fragen jeweils eine sechsteilige Skala zur Verfügung, in der sie ihre Einschätzung einordnen können. Die so erhobenen Daten liegen demnach ordinalskaliert vor. Nach dem zweiten Durchgang werden die Teilnehmer zusätzlich auch danach gefragt, ob sie meinen, dass sich ihre Einschätzung hinsichtlich der jeweiligen Frage im Vergleich zum ersten Durchgang verändert hat.

In einem zweiten Teil der Befragung sollen die Versuchsteilnehmer einige Aufgaben lösen. Dazu zählt insbesondere das Anfertigen einer Kartenskizze des Testgebietes, in dem der jeweilige Durchgang stattgefunden hat sowie eine weitere Aufgabe zur Richtungseinschätzung. Dieser Teil des Experiments soll das erworbene räumliche Wissen sichtbar machen. Ergänzend wird der Proband gebeten, bestimmte Etappen des jeweiligen Durchganges textlich wiederzugeben.

Um festzustellen, inwiefern Details aus den straßenräumlichen Situationen aufgenommen und wiedergegeben werden können, werden den Teilnehmern jeweils 23 vorbereitete Photographien verschiedener straßenräumlicher Situationen des jeweiligen Testgebietes vorgelegt. Die Aufgabe für die Versuchsperson besteht darin, anzugeben, ob der jeweils abgebildete Straßenraum erkannt wird. Man kann davon ausgehen, dass die Wahrnehmung von Elementen und deren Verwendung als Landmarke sehr individuell sind. Ein gegebenes Element im Straßenraum muss nicht zwangsläufig von allen Beobachtern als relevant eingestuft und gemerkt werden. Um dieser Problematik entsprechen zu können, wurden die Teilnehmer auch ersucht, markante Elemente und straßenräumliche Situationen frei wiederzugeben.

Bei der Auswertung wurde besonderes Augenmerk auf die Analyse der Kartenskizzen gelegt. Die Kartenskizzen als solche sind lediglich qualitativ erfassbar. Es ist kaum durchführbar, sie unmittelbar und objektiv hinsichtlich einer besser-schlechter Relation zu reihen. Um diesen Vergleich möglich zu machen, werden den Skizzen über die Anwendung eines Bewertungsschemas Punkte zugeordnet.

Das Bewertungsschema berücksichtigt topologische Zusammenhänge, Richtungstreue, Längenverhältnisse sowie die allgemeine Güte der Wiedergabeleistung - also die Erkennbarkeit - einer Skizze. Hierbei muss angemerkt werden, dass es sich hier zum Teil um 'weiche' Bewertungskriterien handelt.

Ein Teil der Bewertung - insbesondere im Bereich der Längenverhältnisse und der allgemeinen Güte der Wiedergabe - wird hier über vergleichende Attribute wie 'hoch' oder 'gering' umgesetzt. Das bedeutet, dass die Skizzen in diesen Bereichen nicht alleine für sich, sondern nur in Relation zu den anderen Skizzen betrachtet werden können. Der Vorteil 'weicher' Kriterien liegt darin, dass sie dazu beitragen die grundsätzliche Problematik die der Diagnose räumlichen Wissens über Kartenskizzen innewohnt - die Literatur weist darauf hin, dass die individuellen zeichnerischen Fähigkeiten der Testpersonen einen starken Einfluss auf das Ergebnis haben - in einem gewissen Maß zu relativieren [Downs und Stea 1982, S. 140].

Dass diese Problematik tatsächlich manifest wird, zeigt sich darin, dass bei der gegenständlichen Untersuchung von den ursprünglich acht Teilnehmern zwei aus der Bewertung genommen werden mussten, da ihre Skizzen, unabhängig von dem bei ihnen gebildeten räumlichen Wissen, keine Bewertung analog zu den anderen Teilnehmern zuließ.

Zur Auswertung der Aufgaben zur Richtungseinschätzung wird die Abweichung zwischen der vom Probanden angezeigten Richtung und der tatsächlichen Richtung in einer Auflösung von 5° Schritten angegeben. Eine feinere Unterteilung erscheint angesichts der Erhebungsmethode - die Teilnehmer deuten schließlich nur mit dem Arm in die entsprechende Richtung - nicht sinnvoll.

4.4 Ergebnisse

Trotz der geringen Zahl an Versuchsdurchgängen und den daraus resultierenden großen Einschränkungen hinsichtlich einer statistischen Auswertung, liefert die vorgenommene Untersuchung Hinweise, durch die die in Abschnitt 1.4 formulierte Hypothese gestützt wird, und eine Ausdehnung des Experiments lohnend scheinen lassen.

4.4.1 Analyse der Kartenskizzen

Bei der Analyse der Kartenskizzen zeigte sich, dass bei Verwendung der Karte als Hilfsmittel von den Teilnehmern deutlich bessere Resultate erzielt werden konnten, als dies bei Verwendung des ENMS zu beobachten war. Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die Resultate der Auswertung der Kartenskizzen.

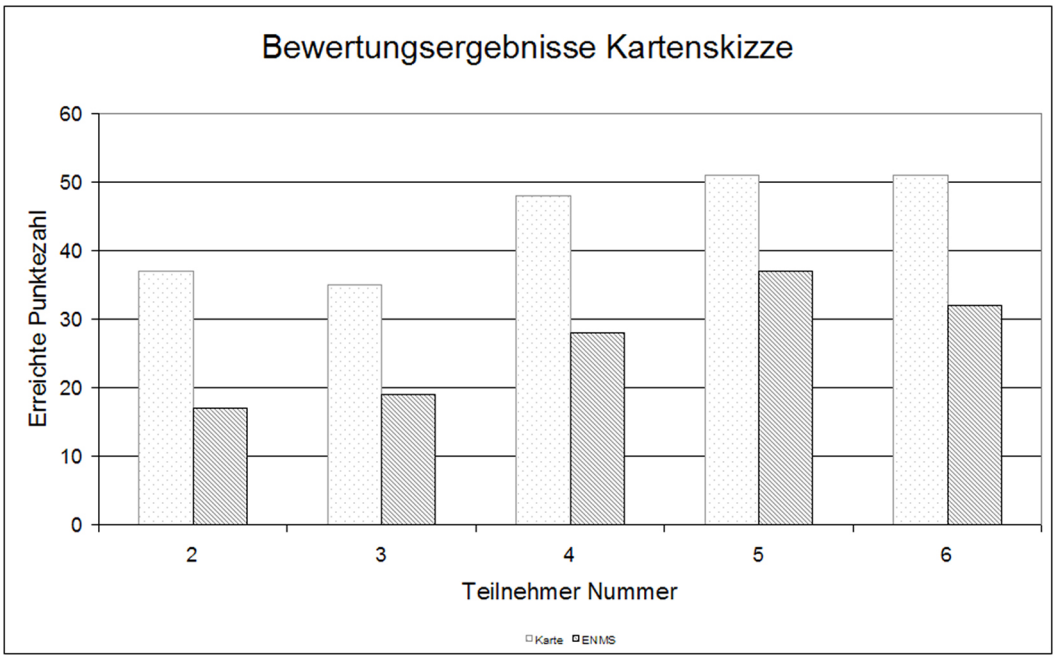


Abbildung 6: Darstellung der ermittelten Bewertungsergebnisse für die Kartenskizzen

Abbildung 6 zeigt auch deutlich, dass jene Teilnehmer, die bei dem Kartendurchgang des Experiments höhere Ergebnisse erzielt hatten, auch bei dem Durchgang unter Einsatz des ENMS zu einer höheren Punktzahl gelangten. Dieser Zusammenhang wird auch durch eine in der Statistiksoftware SPSS durchgeführte Korrelationsanalyse aufgezeigt, die einen starken, positiven Zusammenhang zwischen den Ergebnissen der beiden Durchgänge aufzeigt (r=0,949; p=0,014).

Dieses Ergebnis erlaubt den Rückschluss, dass es offenbar auch eine von den verwendeten Hilfsmitteln unabhängige Einflussgröße bei der Bildung räumlichen Wissens gibt. Es lässt sich annehmen, dass die Punktedifferenz zwischen den jeweiligen Karten- bzw. ENMS-Durchgängen auf das verwendete Hilfsmittel zurückzuführen ist, das generelle Niveau, um das sich diese Werte anlagern aber durch individuelle Faktoren wie etwa den Orientierungssinn, räumliches Vorstellungsvermögen oder andere kogniti-

ve Leistungsaspekte der Versuchspersonen bestimmt wird. Dafür spricht auch, dass die Differenz der erzielten Punkte aus Kartendurchgang und ENMS-Durchgang relativ stabil und unabhängig vom allgemeinen Niveau des einzelnen Probanden scheint. Im Durchschnitt beträgt diese Differenz 17,8 Punkte (σ = 2,68). Für eine verlässliche Einschätzung diesbezüglich wären allerdings die Ergebnisse einer größeren Zahl an Versuchsdurchgängen notwendig.

Die Bewertung der Skizzen in Form eines Punktesystems[13] ist die Voraussetzung um die sehr individuellen Darstellungen überhaupt objektiv vergleichen zu können. Abseits dieser Bewertung lassen sich an den Skizzen auch durchwegs die in Abschnitt 4.4. angesprochenen Eigenheiten, denen die räumlichen Vorstellungen von Menschen unterworfen sind ablesen. Damit ist z.B. die Neigung, alle auftretenden Winkel in rechte Winkel umzuwandeln oder auch die Begradigung von Krümmungen gemeint. Auf diesen Aspekt wird hier allerdings nicht explizit eingegangen, da hier ebenfalls der Einfluss der zeichnerischen Fähigkeiten der Testpersonen nicht abzuschätzen ist, und diese Eigenheiten an sich auch keinen Einfluss auf die Unterschiede in der Leistungsfähigkeit hinsichtlich räumlichen Wissens haben können[14]. Sie entstammen ja physiologischen und kognitiv-strukturellen Gegebenheiten, die bei allen Menschen als gemein angenommen werden müssen.

Im Anhang lässt sich jedenfalls eine Auswahl an Kartenskizzen finden, die von Testpersonen im Rahmen dieser Untersuchung angefertigt worden sind.

4.4.2 Analyse des erworbenen Detailwissens

Ein Zeichen für eine gute Kenntnis eines bestimmten Gebietes stellt neben der Kenntnis der Wegverbindungen auch das Wissen um verschiedene markante Punkte innerhalb des Gebietes dar. Menschen, die mit einer Stadt vielleicht nicht so vertraut sind, werden etwa die Kirche am Stadtplatz (er)kennen, nicht aber ein nur lokal bedeutsames Gasthaus. Setzt man voraus, dass sich die Teilnehmer bei den Kartendurchgängen ein umfangreicheres räumliches Wissen zu Eigen machen können, lässt sich erwarten, dass diese auch mehr Details aufgenommen haben. Um diese Annahme prüfen zu können, wurden je Testgebiet 23 Photographien angefertigt. Dabei geben jeweils 21 der Abbildungen Straßensituationen des Testgebietes wieder. Zwei der Abbildungen stammen aus einer anderen Stadt und dienen zur Kontrolle, ob das im Zuge der Befragung von den Probanden preisgegebene räumliche Wissen während des aktuellen Versuchdurch-

[13] siehe Anhang

[14] Es kann nicht festgestellt werden, ob ein Straßenabschnitt wegen der Vorstellung der Geometrie oder der zeichnerischen Fähigkeiten auf eine bestimmte Art und Weise gezeichnet wird.

ganges erworben wurde, oder ob hier auf generisches Wissen zurückgegriffen wird. Die Abbildungen werden den Probanden in einer beliebigen Reihenfolge vorgelegt und diesbezüglich befragt.

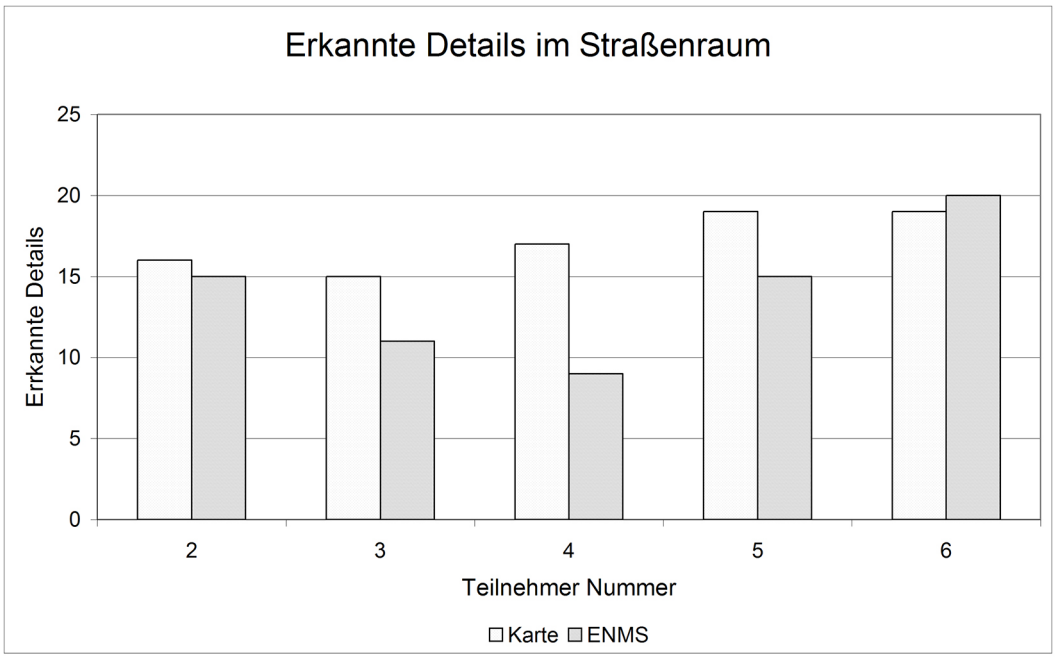


Abbildung 7: Von den Testpersonen wieder erkannte Details im Straßenraum

In Abbildung 7 ist gut zu erkennen, dass in den Kartendurchgängen mehr an Details aufgenommen worden sind, als in den Durchgängen unter Einsatz des ENMS. Bei den Kartendurchgängen wurden im durchschnittlich (auf Ganze gerundet) 17 der Photographien erkannt (σ = 2,34), bei Einsatz des ENMS nur durchschnittlich 13 der Abbildungen (σ = 4,52). Das Ergebnis weicht stark von dem Bild, das die Untersuchung der Kartenskizzen ergeben hat, ab. Hier kommt es zu großen Schwankungen in der Differenz zwischen den beiden Durchgängen bei den einzelnen Teilnehmern. So zeigt sich, dass die Teilnehmer 2 und 6 bei beiden Durchgängen nahezu gleich viele Punkte erzielen konnten, wohingegen bei den anderen Teilnehmern deutliche Unterschiede zu erkennen sind.

Besonders interessant ist dieses Resultat, wenn man bedenkt, dass es sich bei den Teilnehmern 2 und 6 um jene handelt, die zur Gruppe der regelmäßigen Nutzer von ENMS im Alltag zählen. Aus dieser Beobachtung kann man die Hypothese ableiten, dass der Einsatz von ENMS durch in der Verwendung dieser Geräte ungeübte Fahrzeuglenker, zu einer Reduktion der Aufmerksamkeit führt. Einige Teilnehmer berichten auch,

dass sie während des Durchganges mit ENMS das Gefühl hatten, dem Gerät ständig Aufmerksamkeit schenken zu müssen. Einer der Probanden hat nach einer gewissen Zeit der Fahrt mit Hilfe des ENMS das Gefühl gehabt, immer Vorfahrt zu haben. Deshalb seien häufiger Kreuzungen überfahren worden, ohne die Vorfahrtverhältnisse zu prüfen.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass wenn einmal ein ausreichendes Maß an Übung im Umgang mit einem ENMS vorhanden ist, auch die Wahrnehmung von Details im Straßenraum vergleichbar mit jener bei Verwendung einer Karte ist. Mit derartigen Geräten nicht vertraute Fahrer müssen bei der erstmaligen Nutzung mit verschiedenen Einschränkungen rechnen. Ob sich das tatsächlich so verhält, stellt eine interessante Forschungsfrage für zukünftige Untersuchungen dar.

4.4.3 Analyse des Einflusses von Wiederholung und Elaboration

In Abschnitt 3.6.1 wurde aufgezeigt, dass das Wiederholen von Lerninhalten zu einer Verbesserung der Lernleistung bzw. zu einem Übergang der Informationen vom Kurzzeitgedächtnis in das Langzeitgedächtnis - also zur Bildung von Wissen - führt. In dem hier behandelten Experiment lässt sich dieser Umstand auch gut beobachten. Bei den Versuchsdurchgängen, die mit Hilfe der Karte absolviert wurden, hatten die Probanden die Möglichkeit, zu jedem Zeitpunkt in die Karte zu blicken. Als Wiederholung des zu lernenden Stoffes - hier Wissen über die räumlichen Gegebenheiten des Untersuchungsgebietes - kann jede Konsultation der Karte während des Durchganges gerechnet werden. Aufgrund des Maßstabes, in dem herkömmliche Stadtpläne, wie auch hier zum Einsatz gekommen, gehalten sind, ist davon auszugehen, dass bei jeder Benutzung mehr als nur der unmittelbar relevante Abschnitt wahrgenommen wird.

Verstärkt wird der Aspekt der Wiederholung auch durch die mit jeder Verwendung der Karte neu einsetzenden elaborativen Verarbeitung der Informationen. Die Literatur lässt den Schluss zu, dass die Elaboration hier sogar den stärkeren Beitrag leistet. Über die Effekte, die von Wiederholungen und Elaboration ausgelöst werden, kann in Abschnitt 3.6.2 Nachschau gehalten werden.

Dementsprechend kann nun prognostiziert werden, dass bei jenen Teilnehmern, welche häufiger die Karte zu Rate gezogen haben, bessere Ergebnisse zu erwarten sind als bei jenen, die das Angebot weniger oft genutzt haben.

Zur Prüfung dieser Annahme wurde die Anzahl der Konsultationen je Teilnehmer mit der bei der Auswertung der Kartenskizzen erreichten Punktezahl in Bezug gesetzt (siehe Abbildung 8). Das signifikante Ergebnis der Korrelationsanalyse unterstützt die gemachte Annahme ($r=0{,}974$; $p=0{,}005$). Wenn hier von der Unterstützung einer Annah-

me gesprochen wird, ist lediglich gemeint, dass die Statistik der Annahme nicht von vornherein widerspricht. Zur Absicherung ist auch hier eine signifikante Vergrößerung der Stichprobe notwendig. Folgende Abbildung lässt jedenfalls leicht erkennen, dass eine größere Zahl an Kartenkonsultationen mit besseren Ergebnissen innerhalb des Kartendurchganges einhergeht.

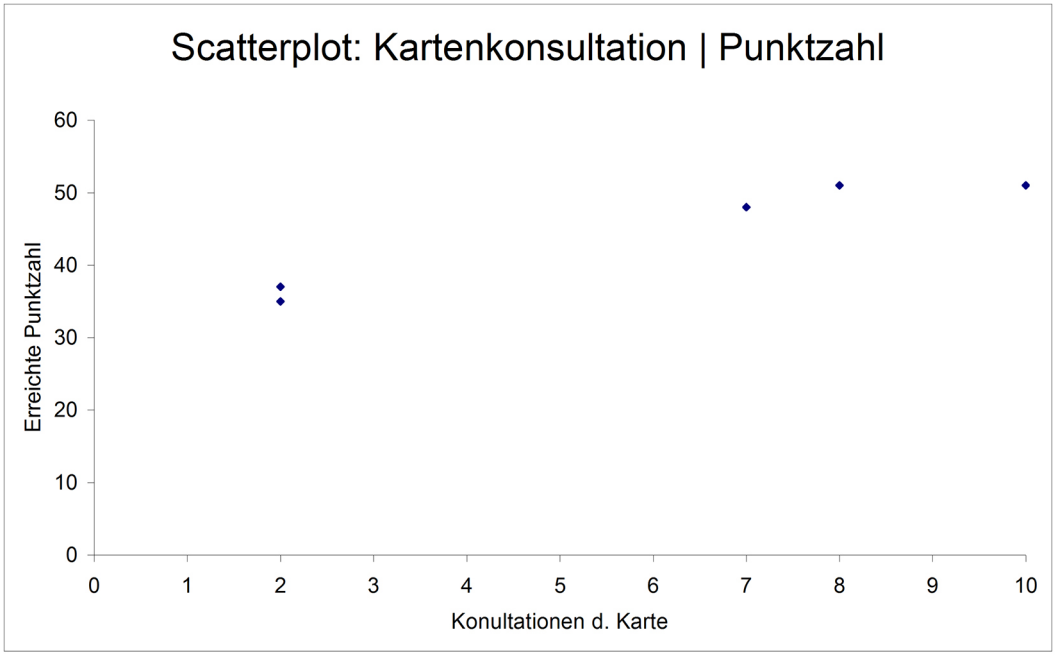


Abbildung 8: Verhältnis der Anzahl der Kartenkonsultationen zum jeweils erzielten Punkteergebnis

4.4.4 Analyse des Einflusses der Aufenthaltsdauer

Burnett u. Lee (Burnett und Lee 2005) deuten an, dass die Dauer, über welche eine Person der Darbietung von Informationen über den Raum bzw. der Umgebung selbst ausgesetzt wird, Einfluss auf das Ausmaß an gebildeten räumlichen Wissen hat. Es scheint einleuchtend, dass eine längere Auseinandersetzung mit einer räumlichen Umgebung zu einem besseren Wissen über dieselbe führt. Burnett u. Lee verweisen dazu auch auf eine Untersuchung von Thorndyke u. Hayes-Roth (1982), die diesen Umstand bestätigt [Burnett und Lee 2005, S. 5]. Dieses Ergebnis kann in der gegenständlichen Untersuchung allerdings nicht uneingeschränkt nachvollzogen werden. Innerhalb der Kartendurchgänge kann kein Zusammenhang zwischen Aufenthaltsdauer und erreichter Punktzahl festgestellt werden. Dasselbe gilt für die Durchgänge mit ENMS. Stellt

man aber die Gesamtzeit und die erreichten Punkte unter beiden Bedingungen (Karte, ENMS) gegenüber, so ist klar erkennbar, dass bei den ENMS-Durchgängen weniger Punkte bei geringerer Gesamtzeit erzielt werden konnten als bei den Kartendurchgängen, die auch im Schnitt um rund 14 Minuten mehr Zeit in Anspruch genommen haben. Dieses Ergebnis wird in Abbildung 9 illustriert.

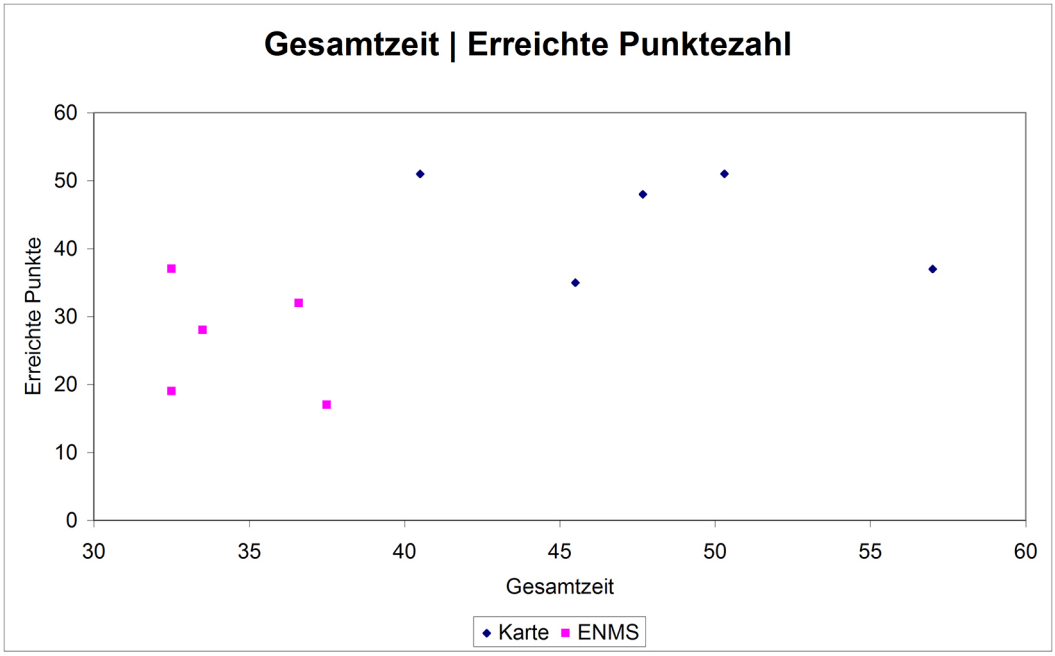


Abbildung 9: Verhältnis von Gesamtzeit zum jeweils erzielten Punkteergebnis

Betrachtet man die hier herangezogene Gesamtzeit differenziert nach Vorbereitungszeit, also jene Zeit die vor Antritt der Fahrt zum jeweiligen Wegpunkt zur Suche nach einer Route bzw. zur Bedienung des ENMS benötigt wird, und reiner Fahrzeit, so zeigt sich, dass in Summe sowohl die Fahrzeiten als auch die Vorbereitungszeiten in den Kartendurchgängen länger ausgefallen sind - für die Vorbereitungszeiten um durchschnittlich 7,2 Minuten und für die Fahrzeiten um durchschnittlich. 6,4 Minuten länger. Für beide Werte lassen sich plausible Erklärungen finden. Die Unterschiede in der Vorbereitungszeit sind offensichtlich auf den höheren Arbeitsaufwand bei der Arbeit mit der Karte zurückzuführen. Die längeren Fahrzeiten lassen sich so erklären, dass der Kartennutzer aktiv Ausschau nach Merkmalen in der Umgebung suchen muss - etwa die Namen von Querstraßen - und so automatisch langsamer fährt, um die Gefahr, eventuell einen wichtigen Hinweis zu übersehen, zu reduzieren. Hier kann gefolgert werden, dass, so wie bei Burnett u. Lee (2005) angesprochen, sich die Verlängerung

der Aufenthaltsdauer, bzw. der Zeit, die sich eine Person mit dem Studium der Karte beschäftigt, zu einer Vergrößerung des räumlichen Wissens führt. Das angesprochene Problem, dass zwar der Vergleich Karte - ENMS zu den erwarteten Resultaten führt, nicht aber der Vergleich der jeweiligen Durchgänge untereinander, ließe sich als Hinweis darauf deuten, dass die Zeit hier keine bedeutsame Rolle spielt. Dieser Ansatz wird hier allerdings vollständig verworfen, da die Schlussfolgerung auf einer zu geringen Stichprobengröße fußt, und darüber hinaus nicht sehr plausibel scheint. Man muss davon ausgehen, dass eine Vergrößerung der Stichprobe auf ein repräsentatives Maß die Ergebnisse, wie von Burnett u. Lee (2005) postuliert, reproduziert.

4.4.5 Analyse der Aufgaben zur Richtungseinschätzung

In Abschnitt 3.3.2 wurde auf die Natur des Überblickswissens eingegangen. Die kennzeichnenden Eigenschaften dieser Stufe räumlichen Wissens werden dadurch dargestellt, dass die mentale Repräsentation in einer allozentrischen Perspektive vorliegt, und dass Richtung und Entfernung zu bestimmten anderen bekannten Punkten ohne vorangegangene direkte Erfahrung vorweggenommen werden kann. Eine in der Literatur häufig zum Einsatz kommende Methode, um diese Form räumlichen Wissens nachzuweisen, sind Aufgaben zur Einschätzung von Richtung und Distanz zwischen einem Ausgangspunkt und einem von dort aus nicht sichtbaren, aber bekannten Zielpunkt [Jansen-Osmann 1998, S. 25ff]. Dabei wird angenommen, dass die bei dieser Aufgabe auftretenden Fehler und Abweichungen mit einem zunehmenden Maße an gebildetem Überblickswissen abnehmen. In gegenständlicher Untersuchung wurden, wie in Abschnitt 4.3.4 erläutert, die Probanden an einem für jeden der Durchgänge fixen Wegpunkt aufgefordert, in jene Richtung zu deuten, in der sie den Ausgangspunkt des Experiments vermuteten. Zusätzlich wurde der Teilnehmer nach der Rückkehr zum Ausgangspunkt aufgefordert, die Richtung und die Distanz zu einem für jeden der beiden Durchgänge festgelegten Wegpunkt anzugeben. Bezüglich der Ergebnisse dieser beiden Untersuchungen werden zwei Annahmen getroffen.

Entsprechend des zu Beginn dieses Abschnittes formulierten Verständnisses des Überblickswissens wird davon ausgegangen, dass bei beiden Untersuchungen die Leistungen in den Kartendurchgängen besser ausfallen - das heißt die Abweichung zwischen der Schätzung der Probanden und der tatsächlichen Richtung geringer sind - als bei den Durchgängen die mittels ENMS absolviert werden.

Zweitens wird angenommen, dass die Resultate der zweiten Richtungsaufgabe - das ist jene, die am Ende jedes Durchganges durchgeführt wird - besser sind als jene der ersten Richtungsaufgabe. Die zweite Annahme fußt auf der Überlegung, dass nachdem

alle Wegpunkte angefahren worden sind, auch eine größeres Maß an Information über den betreffenden Raum zur Verfügung steht als bei der ersten Richtungsaufgabe, wo erst knapp mehr als die Hälfte der vorgegebenen Etappen absolviert worden waren. Die Analyse der Ergebnisse stützt beide Annahmen - auch hier muss allerdings wieder darauf hingewiesen werden, dass die kleine Zahl an Testpersonen keine statistisch repräsentativen Aussagen zulässt. Innerhalb dieser Einschränkungen ist das Ergebnis allerdings eindeutig, sodass begründet angenommen werden kann, dass eine Wiederholung des Experiments mit einer für statistische Auswertungen ausreichenden Zahl an Teilnehmern zu vergleichbaren und repräsentativen Ergebnissen führt.

Abbildung 10 zeigt die Verteilung der Abweichungen bei Lösung der ersten Aufgabe zur Einschätzung der Richtung für jeden Teilnehmer, gegliedert nach den zum Einsatz gekommenen Hilfsmitteln. Die Abweichungen werden dabei in Grad angegeben.

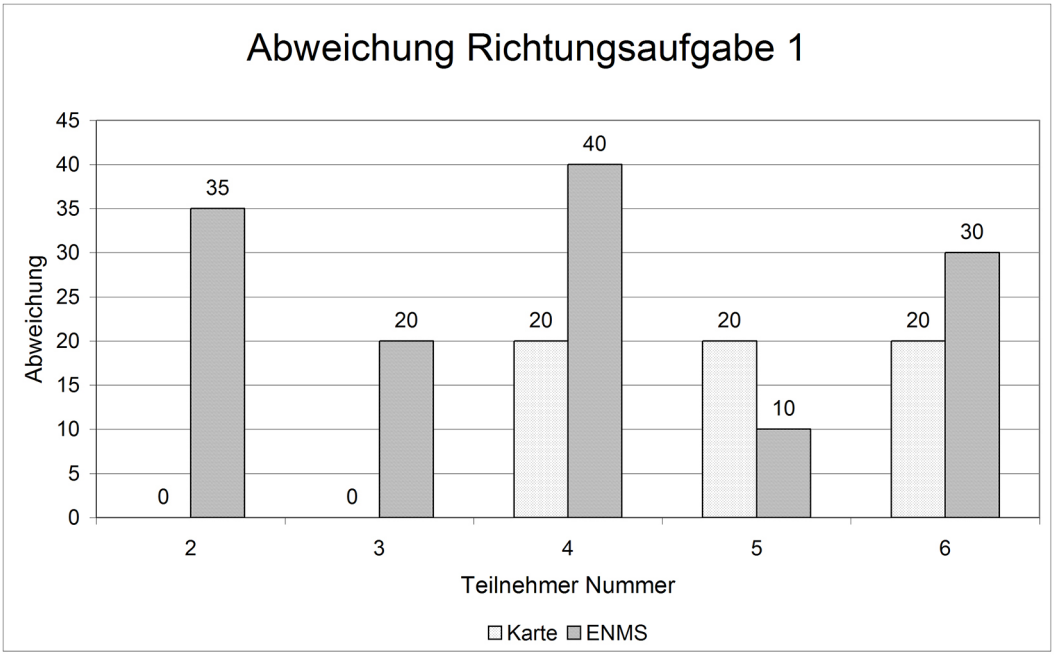


Abbildung 10: Abweichung der Teilnehmer bei Richtungsaufgabe 1

Die Einschätzung der Teilnehmer weisen durchwegs geringere Abweichungen bei den Durchgängen, die mit Hilfe der Karte absolviert wurden auf. Die durchschnittliche Abweichung beträgt hier 12° (σ = 10,9). Für den Versuchslauf mit ENMS sind dies 27° (σ = 12) - ein nahezu doppelt so hoher Wert. Zwischen den Ergebnissen der einzelnen Teilnehmer kommt es zu starken individuellen Schwankungen. Teilnehmer 5 weicht hier besonders stark vom generellen Muster und den entsprechenden Annahmen ab.

Die Bewertung der Kartenskizzen des betreffenden Teilnehmers ergibt eine hohe Punktzahl. Anekdotisch berichtet die Testperson auch von Erfahrungen bei Ableistung des Präsenzdienstes, bei denen überdurchschnittliche Orientierungsfähigkeiten zu Tage getreten sind. Es lässt sich nun spekulieren, dass die besonders geringe Abweichung im ENMS-Durchgang auf diese überdurchschnittliche Begabung zurückzuführen ist. Interessant in diesem Zusammenhang ist auch, dass es sich bei Teilnehmer 5 die einzige Person handelt, die bei der Befragung angibt am liebsten eine herkömmliche Karte als Hilfsmittel zu benutzen.

Betrachtet man die Abweichungen bei der zweiten Richtungsaufgabe, so lässt sich derselbe Trend wie im vorigen Beispiel attestieren: Die Ergebnisse des Kartendruchganges sind im Durchschnitt besser als jene des ENMS-Durchganges. Vergleicht man nun die Mittelwerte in den beiden Durchgängen, so stellt man fest, dass sich diese auf einem deutlich geringeren Niveau einfinden. Das sind im Durchschnitt 3° (σ = 4,5) bei Verwendung der Karte und 7° (σ = 6,7) bei Einsatz eines ENMS. Die Abbildung 11 illustriert das Ergebnis.

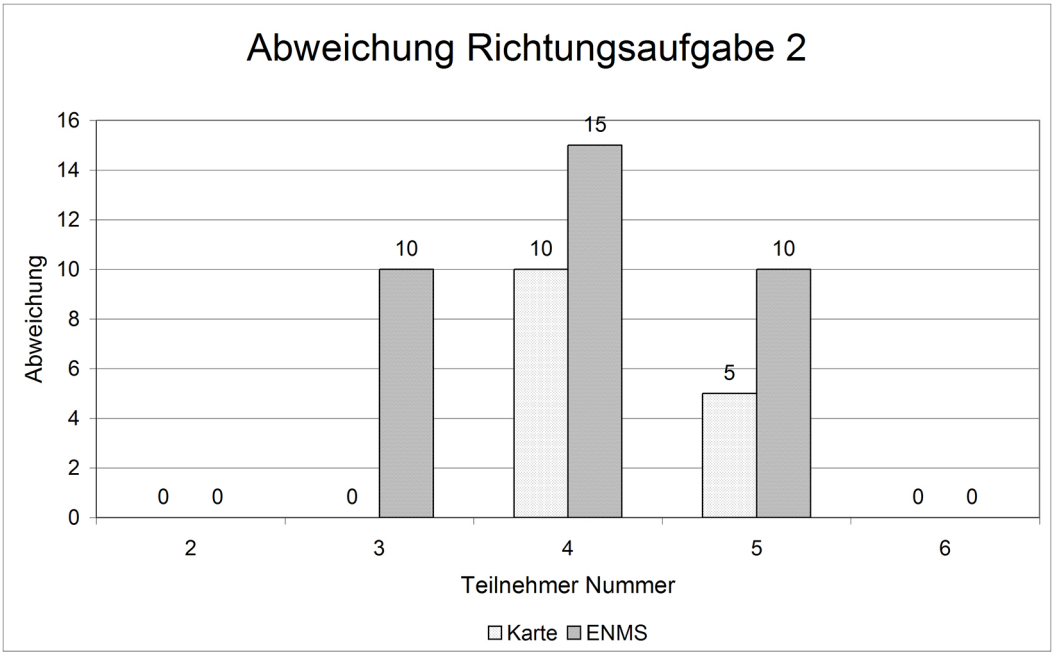


Abbildung 11: Abweichung der Teilnehmer bei Richtungsaufgabe 2

Die Werte weisen darauf hin, dass die zweite Annahme, also das zusätzliche Informationen, welche hier im Zuge des Befahrens des gesamten Testgebietes aufgenommen werden zu besseren Ergebnissen bei der Richtungseinschätzung führt, zutreffend

scheint.

4.4.6 Analyse der Entfernungseinschätzung

Im Rahmen der zweiten Aufgabe zur Richtungseinschätzung wurde auch die geschätzte Distanz zu einem, für jede der beiden Routen festgelegten Wegpunkt abgefragt. Bei der Distanzeinschätzung gelten grundsätzlich die gleichen Annahmen und Voraussetzungen wie bei den Richtungseinschätzungen. Dementsprechend wird auch hier davon ausgegangen, dass die Verwendung einer Karte im Zuge der Navigation von Wegpunkt zu Wegpunkt zu einer vergleichsweise besseren Einschätzung hinsichtlich der Entfernungen innerhalb des betreffenden Gebietes führt - besonders da Karten Distanzinformationen maßstäblich aber direkt erschließbar darbieten.

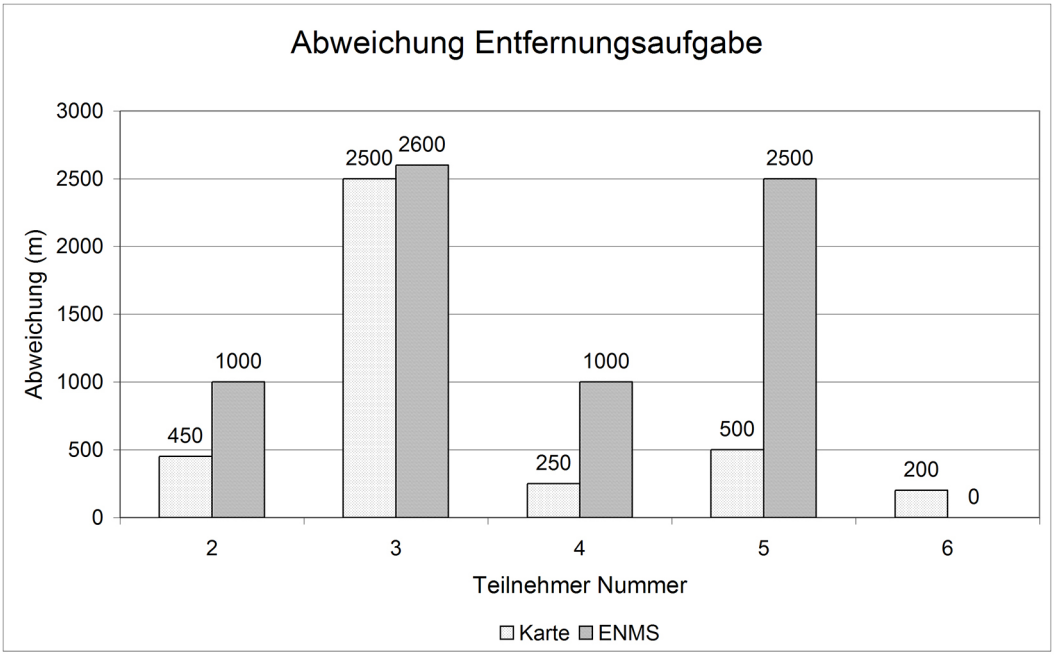


Abbildung 12: Abweichung der Teilnehmer bei der Aufgabe zur Einschätzung der Entfernung

Aus Abbildung 12 lässt sich leicht ablesen, dass die Fehler bei Verwendung des ENMS mit Ausnahme von Teilnehmer 6 immer größer sind als bei Einsatz der Karte. Die hier besonders stark zu Tage tretenden Schwankungen lassen die Angabe eines Mittelwertes wenig sinnvoll erscheinen. Offenbar ist die Entfernungseinschätzung sehr stark von den individuellen kognitiven Voraussetzungen der Teilnehmer abhängig. Andererseits sei an dieser Stelle auch auf den Umstand hingewiesen, dass in Karten

die Entfernungen zwischen den sie konstituierenden Elementen zwar maßstäblich, aber unmittelbar ablesbar sind. Hat eine Testperson eine (intuitive) Einschätzung darüber erlangt, wie sich etwa ein Häuserblock größenmäßig in der Wirklichkeit darstellt, so kann davon ausgegangen werden, dass die Person konkrete metrische Angaben machen kann. Dies vermögen ENMS nicht, da sie in aller Regel über variable Maßstäbe verfügen [Dillemuth et al. 2007].

4.4.7 Selbsteinschätzung der Teilnehmer

Bei der Beschreibung des Ablaufes des Experiments in Abschnitt 4.3.4 wurde eine Gruppe von Fragen angesprochen, die sich auf die Selbsteinschätzung der Teilnehmer hinsichtlich verschiedener Parameter beziehen.

Zunächst wird nach jedem Durchgang erhoben, wie wohl sich die Teilnehmer während der Absolvierung der Fahrt durch das jeweilige Testgebiet gefühlt haben. Im ersten Kapitel wird darauf hingewiesen, wie bedeutsam räumliches Wissen für den Menschen ist, und dass dessen Fehlen sich sogar in körperlichen Symptomen manifestieren kann. Setzt man voraus, dass bei den Kartendurchgängen umfangreicheres räumliches Wissen erlangt wird, so kann man daraus folgern, dass die Teilnehmer ihr Wohlbefinden nach den Kartendurchgängen höher einschätzen werden als nach den Durchgängen mit ENMS.

Bei einer entsprechenden Analyse ergibt sich ein überraschendes Ergebnis. Alle Teilnehmer - bis auf eine Ausnahme - geben an, sich während des Durchganges mit ENMS besser gefühlt zu haben (Median: 1) als während des Kartendurchganges (Median: 2). Der eine Teilnehmer, der aus diesem Schema fällt, gibt an, sich in beiden Durchgängen gleich gut gefühlt zu haben, erklärt aber, dass es im zweiten Durchgang - in diesem Fall war das der Durchgang mit Karte - sehr schwierig war, sich zu konzentrieren.

Bei der Suche nach einer Erklärung stellt sich die Frage, ob die erhöhte kognitive Last bei Benutzung der Karte als anstrengend und deshalb als unangenehm empfunden wird. Der Einfluss, den das geringere räumliche Wissen bei den Durchgängen mit ENMS auf das Wohlbefinden ausüben mag, kann hier nicht festgestellt werden. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass solange die Führung durch das ENMS gewährleistet ist, auch kein unmittelbarer Bedarf am Vorhandensein räumlichen Wissens besteht. Würde das ENMS allerdings ausfallen, und müsste sich der Teilnehmer dann völlig ohne Hilfsmittel zurechtfinden, kann man davon ausgehen, dass eine gewisse Verunsicherung auftritt - jedenfalls wird der betreffende Teilnehmer kaum angeben, sich wohl gefühlt zu haben.

In einer weiteren Frage wird erhoben, wie komplex bzw. schwierig die Teilnehmer

ihre Aufgabe, das Abfahren der vorgegebenen Wegpunkte und die Verwendung des jeweiligen Hilfsmittels, in den beiden Durchgängen empfunden haben. Es zeigt sich, dass alle Teilnehmer den Durchgang, in dem das ENMS zur Anwendung gekommen ist, im Wesentlichen als weniger komplex ansehen, als jenen mit der Karte. Für den ersten Fall konnte ein Medianwert von 5, und im zweiten Fall von 6 ermittelt werden. Dieses Ergebnis entspricht den generellen Erwartungen. Interessant ist hier allerdings der geringe Unterschied zwischen den beiden Durchgängen. Da die Verwendung einer Karte doch wesentlich anspruchsvoller scheint, als die Bedienung eines ENMS, wäre eigentlich ein größerer Unterschied in den Ergebnissen zu erwarten gewesen. Lediglich die Ergebnisse, die bei einer der teilnehmenden Personen zu Tage treten, entsprechen dieser Annahme.

Die Testpersonen sind aufgefordert, eine Einschätzung über die Effizienz des jeweiligen Hilfsmittels bei Lösung der Aufgaben abzugeben. Da Effizienz im Allgemeinen mit der Erreichung eines bestimmten Zieles mit möglichst geringem Aufwand oder Einsatz definiert wird, ist bei den Ergebnissen zu erwarten, dass die Teilnehmer die Durchgänge mit ENMS als effizienter ansehen werden, als die Kartendurchgänge.

Die Auswertung der Fragebögen liefert einen interessanten Befund. Es zeigt sich, dass jene Teilnehmer, die im Alltag ENMS nutzen, der Meinung sind, beim Karten-Durchgang wesentlich ineffizienter gewesen zu sein als bei Verwendung des ENMS (Medianwerte 2 und 4). Die anderen Teilnehmer schätzen die Effizienz des ENMS ebenso als höher ein, allerdings in einem wesentlich geringeren Ausmaß (Medianwert 2 - Karte, 1 - ENMS).

Eine denkbare Erklärung für diesen Unterschied in der Einschätzung der beiden Nutzergruppen kann darin liegen, dass Menschen, die im Alltag auf ENMS zurückgreifen, aus der Übung beim Einsatz herkömmlicher Karten geraten. Müssen sie dann, entgegen ihrer Gewohnheit, eine Karte zu Rate ziehen, empfinden sie dies als deutlich aufwendiger (Zeit, kognitiver Anspruch) und damit als weniger effizient. Die anderen Teilnehmer sind Karten gewohnt, wodurch auch der Unterschied bei der Einschätzung von Karte und ENMS geringer wird.

Eine andere Frage beschäftigt sich mit der Einschätzung der Probanden bzgl. ihres Vertrauens in die eigene Fähigkeit im Umgang mit dem jeweiligen Hilfsmittel. Auch wird das Vertrauen der Testpersonen in die Verlässlichkeit des jeweiligen Hilfsmittels abgefragt.

Die Auswertung der Ergebnisse der ersten Frage zeigt, dass die Probanden ihre eigene Fähigkeit im Umgang mit dem ENMS höher einschätzen (Medianwert 1) als jene mit der Karte (Medianwert 2). Dieses Ergebnis scheint plausibel zu sein, bedenkt man die

verhältnismäßig einfache Bedienung von ENMS.

Obwohl die Versuchsteilnehmer ENMS als effizienter und auch als einfacher zu handhaben einschätzen, erachten sie Karten generell als verlässlicher als ENMS. Bei den Karten ergibt sich ein Medianwert von 1, während dieser bei den ENMS bei 2 liegt.

Einige Kandidaten haben geäußert, dass sie Karten prinzipiell verlässlicher finden, dies allerdings auch von der Aktualität der Karte abhängt. Zu den ENMS wurden von einigen Teilnehmern verschiedene Anekdoten über Personen, die von ENMS in die Irre geleitet worden sind, erzählt.

Interessant ist, dass die Teilnehmer aus der Gruppe der ENMS-Nutzer nicht etwa ENMS besonderes Vertrauen schenken, sondern die herkömmlichen Karten für im gleichen Maße vertrauenswürdig oder sogar als besser einstufen.

Zwei besonders interessante Fragen beschäftigten sich mit der Selbsteinschätzung der Teilnehmer hinsichtlich des von ihnen erworbenen räumlichen Wissens.

In der ersten Frage wird erhoben, wie vertraut sich die Teilnehmer nach dem jeweiligen Durchgang mit der Umgebung fühlen. Auffällig ist hier, dass die Teilnehmer bei der Beantwortung dieser Frage sehr viel selbstkritischer sind. Wo bei den bisherigen Fragen nach der Einschätzung hinsichtlich persönlicher Fähigkeiten, wie etwa dem Orientierungssinn, immer verhältnismäßig gute Noten vergeben wurden (siehe Abschnitt 4.3.2), liegen die Medianwerte hier für den Kartendurchgang bei 4 und für den ENMS-Durchgang sogar bei 5.

In der zweiten Frage wird der Teilnehmer aufgefordert, einzuschätzen wie gut zu einem beliebigen Wegpunkt des jeweiligen Durchganges gefunden werden kann. Auch bei der Auswertung dieser Frage ist eine große Zurückhaltung der Teilnehmer bezüglich des erworbenen räumlichen Wissens zu beobachten. Die ermittelten Medianwerte liegen hier ebenfalls bei 4 für den Kartendurchgang und bei 5 für den ENMS-Durchgang.

Betrachtet man die Einschätzungen der jeweiligen Kandidaten einzeln, was bei der geringen Zahl noch problemlos möglich ist, erkennt man, dass, unabhängig vom Medianwert, die Selbsteinschätzung nach den Kartendurchgängen zum Teil deutlich besser ist als nach den ENMS-Durchgängen.

Warum die Probanden generell angeben, beispielsweise über gutes Orientierungsvermögen zu verfügen, aber bei der Einschätzung über das erworbene räumliche Wissen nicht ebenso zuversichtlich sind, kann an dieser Stelle nicht gesagt werden.

Da es sich aus Sicht der Teilnehmer bei dem Experiment in gewisser Weise um eine prüfungsähnliche Situation handelt, schließlich wird scheinbar[15] ein Aspekt der

[15]Tatsächlich wird ja nicht die persönliche Leistungsfähigkeit, sondern der Einfluss des verwendeten Hilfsmittels gemessen.

persönlichen Leistungsfähigkeit untersucht und bewertet, ist es denkbar, dass die Teilnehmer sich in gewisser Weise unbewusst selbst unterschätzen, um einem möglichen 'schlechten' Ergebnis vorzugreifen. Man kann dies als eine Form des Zweckpessimismus verstehen.

5 Schlussfolgerungen

Die vorliegende Arbeit beruht auf der Annahme, dass der Einsatz von ENMS bei der Erschließung eines neuen, bisher nicht bekannten Gebietes zu, im Verhältnis zur Verwendung von herkömmlichen Karten, eingeschränktem räumlichen Wissen führt, wie in Abschnitt 1.4 bereits angesprochen.

Die Hinweise aus der Literatur deuten darauf hin, dass jedes Hilfsmittel die kognitiven Mechanismen zur Verankerung von Informationen im Langzeitgedächtnis in unterschiedlichem Maße unterstützt.

Die Verwendung einer Karte bei der Auseinandersetzung mit einem neuen Gebiet, beispielsweise im Rahmen der Planung einer Route für eine Urlaubsreise, führt zu einer tiefgehenden Verarbeitung des dargebotenen räumlichen Wissens. Jedes Mal wenn in Folge die Karte erneut konsultiert wird, um sich z.B. neu zu orientieren, kommt es zu einer Wiederholung des Inhaltes. Bedeutungsvolle, tiefgehende Verarbeitung der dargebotenen Information resultiert in einer guten Verankerung des auf diese Weise erarbeiteten Wissens im Langzeitgedächtnis.

Dem gegenüber steht das Prinzip der 'Guidance' (siehe Abschnitt 3.5.4). Hierbei kann nur auf jeweils dargebotene Richtungsanweisungen zurückgegriffen werden. Dabei verliert die jeweilige Handlungsanweisung ihre Bedeutung mit ihrer Durchführung. In welche Richtung vor fünf Minuten abgebogen wurde, ist für die aktuell anstehende Richtungsentscheidung ohne Bedeutung, da diese, und jede weitere, ohnedies vorgegeben wird. Dem Prinzip nach sind ENMS, aber auch ein menschlicher Beifahrer von dem man hilfsbereit geleitet wird, der 'Guidance' zuzuordnen.

In beiden Fällen wird dem Nutzer die kognitive Last, sich den Weg selbst suchen und dann merken zu müssen abgenommen. Unter Einbeziehung der gewonnenen Erkenntnisse über Lernprozesse lässt sich daraus schließen, dass dieser Mangel an Elaboration in der Phase der Erschließung der Umwelt zu einem weniger ausgeprägten räumlichen Wissen führt.

5.1 Wichtige Erkenntnisse aus der empirischen Untersuchung

Die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchung illustrieren die entsprechend Abschnitt 3.7 zu erwartenden Sachverhalte gut. Es lassen sich viele der entsprechend den Erkenntnissen aus der Literatur zu erwartenden Effekte beobachten.

Kartenskizzen
Bei der Analyse der Kartenskizzen zeigt sich so, dass bei Verwendung des ENMS schlechtere Resultate erzielt werden, als bei den Durchgängen bei denen eine Karte zum Einsatz kommt. Dies gilt für alle Teilnehmer - unabhängig davon ob sie ENMS im Alltag nutzen und im Umgang mit diesen Geräten geübt sind oder nicht.

Detailwissen
Bei der Frage nach dem erworbenen Detailwissen im Straßenraum zeigt sich ein anderes Bild. Hier ist zu beobachten, dass Teilnehmer die Alltag auf Karten vertrauen bei dem Durchgang mit ENMS schlechtere Ergebnisse erzielen, als jene die häufig ENMS nutzen. Hier lässt sich spekulieren, dass die größere Übung im Umgang mit diesen Geräten dazu führt, dass der Umgebung mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden kann. Gestützt wird diese Annahme jedenfalls durch die Anmerkungen der Testpersonen aus der Gruppe der Kartennutzer, dass sie während der Fahrt mit dem ENMS das Gefühl hatten, dem Gerät ständig Aufmerksamkeit schenken zu müssen.

Richtungs- und Entfernungseinschätzung
Auch die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen zur Richtungs- und Entfernungseinschätzung zeigen, dass die Probanden in den Kartendurchgängen durchwegs, wenngleich es hier auch Ausnahmefälle gibt, bessere Leistungen erzielen als bei den Durchgängen mit ENMS.

5.2 Bedeutung der Ergebnisse für die Anwendung von ENMS

Wenngleich die vorliegende Untersuchung als auch die Literatur deutliche Hinweise darauf geben, dass die natürlichen Aneignungsprozesse hinsichtlich räumlichen Wissens durch die Verwendung von ENMS nicht so gefördert werden, wie es bei den Karten der Fall ist, so sind die daraus resultierenden Implikationen weitaus weniger offensichtlich.

Im ersten Kapitel wird über die Befunde Kevin Lynchs hinsichtlich der möglichen Symptome, die fehlendes räumliches Wissen nach sich zieht, berichtet. Wenn nun ENMS zu einem Zustand führen, in welchem unter Umständen nur ungenügendes Wissen über den Raum gebildet wird, sodass derartige Folgen denkbar werden, stellt sich die Frage, warum, wenn ENMS sich dermaßen negativ auswirken können, diese Produkte sich einer so stetig steigenden Beliebtheit erfreuen.

Bei der Benutzung eines ENMS wird zwar nur vergleichsweise wenig räumliches Wissen gebildet, jeder auftretende Bedarf an räumlichen Wissen, der normalerweise durch Abfragen der kognitiven Karte beantwortet wird, lässt sich durch das ENMS substituieren. Der Nutzer hat also nie das Gefühl, an einem Mangel an räumlichem Wissen zu leiden.

Dass der Reisende hier in einem Abhängigkeitsverhältnis zu dem ENMS steht, ist leicht einzusehen: Sobald das ENMS nicht mehr zur Verfügung steht, sei es wegen eines technischen Defekts oder wegen Verlustes des Geräts, ist auch der Zugriff auf das fremde, im Gerät gespeicherte und an den Nutzer verliehene Wissen über den Raum verloren. An dieser Stelle offenbart sich die Bedeutung, die selbst angeeignetes räumliches Wissen für den Menschen hat.

Eine drastische Konsequenz wäre auf ENMS gänzlich zu verzichten oder diese so umzugestalten, dass diese wieder ein für die Bildung räumlichen Wissens ausreichendes Maß an elaborativem Aufwand ermöglichen, was aber im Gegensatz zum eigentlich Sinn eines ENMS steht. Es lässt sich behaupten je besser das ENMS, desto weniger kognitive Last trägt der Benutzer. Auch die vielen sinnvolle Anwendungen für ENMS sprechen gegen den totalen Verzicht. Man stelle sich beispielsweise einen Tagesausflug in eine andere Stadt anlässlich einer besonderen Ausstellung vor. Es spricht nichts dagegen, diese Reise mit Hilfe eines ENMS anzutreten, insbesondere wenn die Stadt ohnedies nur selten besucht wird.

Dies führt zu der Feststellung, wie sie eigentlich für alle Werkzeuge, wozu ja auch ENMS oder Karten zählen, gilt, dass jedes Werkzeug einen bestimmten Einsatzzweck hat. Möchte man ein möglichst gutes räumliches Wissen entwickeln, so ist ein ENMS sicher nicht das geeignete Hilfsmittel dafür - dies stellt aber nicht unbedingt einen Fehler des Werkzeuges dar.

Ob ein ENMS sinnvoll einzusetzen ist, hängt aber nicht nur vom Zweck der Verwendung, sondern auch von der Nutzergruppe ab. Als kritisch anzusehen sind hierbei jene Personengruppen, die sich in ihrem Alltag oder Beruf verstärkt mit dem Raum und seinen Gegebenheiten auseinandersetzen müssen. Dies trifft im besonderen Maße auf Einsatzkräfte wie die Rettung sowie Feuerwehr oder Boten- und Taxifahrer zu. Alle hier

involvierten Personen können ENMS, bzw. tun dies auch, in ihrem Berufsalltag zum Einsatz bringen. Wo ein an sich nicht ausreichend ortskundiger Taxifahrer bei Ausfall des ENMS für Ärger sorgt, kann der unerwartete Ausfall eines solchen Systems bei Einsatzkräften zum Tod von Menschen führen, wenn der jeweilige Fahrer sich auf das ENMS verlassen hat und sich nun unvorbereitet in unbekannten Terrain befindet.

Die gezeigten Beispiele zeigen deutlich, dass die Entwicklung alternativer, spezialisierter Systeme ein großes Potential zur Steigerung der Leistungsfähigkeit der ENMS abseits der Abhängigkeit von ihnen eröffnen kann [Young et al. 2008; Parush et al. 2007, S. 252].

5.3 Ausblick

Die gewonnen Erkenntnisse und Hinweise erlauben bereits eine erste Einschätzung des Verhältnisses zwischen Karte und ENMS bei der Aneignung räumlichen Wissens. Dennoch bleiben verschiedene Fragen unbeantwortet. In der durchgeführten Untersuchung kamen ENMS zum Einsatz. Eine interessante Frage ist, ob sich dieselben Effekte zeigen, wenn statt einem ENMS die Anweisungen von einem Beifahrer gegeben werden. Eine entsprechende Untersuchung trägt dazu bei die Rolle, den die Darbietung des Wissens hat, klarzustellen. Dies kann zu interessanten Erkenntnissen für die Konzeption zukünftiger ENMS führen.
Die Auseinandersetzung mit dem Verhältnis der elektronischen Navigationshilfen zu der Bildung von räumlichem Wissen wird in Zukunft noch ein Vielfaches an Bedeutung erlangen. Momentan sind diese elektronischen Helfer im Kfz-Bereich konzentriert. Verfolgt man die aktuelle Entwicklung für den Bereich der Fußgänger - Stichwort: ubiquitous mapping - so ist es durchaus denkbar, dass auch die Wege, die man zu Fuß zurücklegt, in Zukunft mit Hilfe allgegenwärtiger Leitsysteme bewältigt werden. Geht man davon aus, dass bei Fußgängern die selben kognitiven Prozesse bei der Bildung kognitiver Karten auftreten, wie bei PKW-Lenkern, sollte man bereits verfügbare Erkenntnisse in die aktuelle Entwicklung einfließen lassen, um möglichen Problemen, wie sie hier für den Bereich der Kfz-Lenker aufgezeigt wurden, von vornherein sinnvoll begegnen zu können. Dies ist insbesondere deshalb von Bedeutung, da in dem Moment, wo auch der Fußgänger so umfassend geführt wird, kein Lebensbereich mehr offen steht, in dem räumliches Wissen auf natürliche Weise angeeignet wird.

Hierzu ist aber auch anzumerken, dass nicht davon auszugehen ist, dass die Nutzung derartiger Dienste verpflichtend würde, wodurch jedem frei steht sich für die Wahl des Hilfsmittels bei der Navigation zu entscheiden - sei dies eine Handskizze, eine aktuelle

Karte oder auch ein ENMS.

Literaturverzeichnis

[Adam-Lauer 2002] Adam-Lauer, Gisela (2002). *Die Entwicklung des Menschen. Das Sinnessystem*. Skriptum Entwicklungspsychologie 2. Teil, Fachhochschule Nordostniedersachsen - Fachbereich Sozialwesen.

[Anderson 2007] Anderson, John R. (2007). *Kognitive Psychologie*.

[Aslan et al. 2005] Aslan, Ilhan, M. Schwalm, J. Baus, A. Krüger und T. Schwartz (2005). *Acquisition of Spatial Knowledge in Location Aware Mobile Pedestrian Navigation Systems*. In: *ACM International Conference Proceedings Series Vol. 159*.

[Baddeley 2002] Baddeley, Alan D. (2002). *Is Working Memory Still Working?*. European Psychologist, 7(2).

[Barkowsky 1999] Barkowsky, Thomas (1999). *Unvollständiges Wissen in der Konstruktion mentaler räumlicher Repräsentationen*. In: *KogWis99, Proceedings der 4. Fachtagungder Gesellschaft für Kognitionswissenschaft*.

[Barkowsky 2001] Barkowsky, Thomas (2001). *Mental Processing of Geographic Knowledge*. Technischer Bericht

[Barkowsky 2002] Barkowsky, Thomas (2002). *Mental Represantation and Processing of Geographic Knowledge. A Computational Approach.*.

[Bemmerer 2003] Bemmerer, Eva D. (2003). *Zur Erfassung visuell-räumlicher Orientierung in virtuellen Realitäten bei Personen mit leichten kognitiven Störungen und Personen mit Demenz — Untersuchungsansatz und erste Ergebnisse zur differenzialdiagnostischen und kriterienorientierten Validität des Verfahrens*. Dissertation, Freie Universität Berlin.

[Benelli und Rubegni 2001] Benelli, Giuliano und M. C. A. R. E. Rubegni (2001). *Design Concepts for Learning Spatial Relationships*. In: *ACM Special Interest Group for Design and Communication, Proceedings of the 19th Annual International Conference on Computer Documentation*.

[Burnett und Lee 2005] Burnett, G.E. und K. Lee (2005). *The effect of vehicle navigation systems on the formation of cognitive maps*. Final draft of paper for G. Underwood (Ed.) Traffic and Transport Psychology: Theory and Application.

[Campell 1997] Campell, N. A. (1997). *Biologie*.

[Darken und Peterson 2002] Darken, Rudolph P. und B. Peterson (2002). *Spatial Orientation, Wayfinding, and Representation*. In: Stanney, K.M., Hrsg.: *Handbook of Virtual Environments: Design, Implementation, and Applications*.

[Dillemuth et al. 2007] Dillemuth, Julie, K. Goldsberry und K. C. Clarke (2007). *Chhosing the Scale and Extent of Maps for Navigation with Mobile Computing Systems*. Journal of Location Based Services, 1(1).

[Dodgson 2004] Dodgson, Neil A. (2004). *Variation and extrema of human interpupillary distance*. In: Woods, A.J., J. Merritt, S. Benton und M. Bolas, Hrsg.: *Stereoscopic Displays and Applications XI*.

[Downs und Stea 1982] Downs, Roger und D. Stea (1982). *Die Welt in unseren Köpfen*.

[Ernst und Bülthoff 2004] Ernst, Marc O. und H. H. Bülthoff (2004). *Merging the Senses Into a Robust Percept*. Trends in Cognitive Sciences, 8(4).

[Euler 2003] Euler, Thomas (2003). *Der Netzhaut beim Rechnen zusehen*. Max Planck Forschung - Das Wissenschaftsmagazin der Max-Planck-Gesellschaft, 3:12f.

[Freska 1999] Freska, C. (1999). *Spatial Aspects of Task-Specific Wayfinding Maps*. In: Gero und Tversky, Hrsg.: *Visual and Spatial Reasoning in Design*.

[Gegenfurtner 2003] Gegenfurtner, Karl R. (2003). *Gehirn und Wahrnehmung*.

[Glasauer und Brandt 2007] Glasauer, Stefan und T. Brandt (2007). *Noncommutative Updating of Perceived Self-Orientation in Three Dimensions*. Journal of Neurophysiology, 97.

[Graf 2007] Graf, Dietmar (2007). Vortrag IVS Wintersemester 2007/08. Tiroler Blindenverband.

[Ishikawa und Montello 2006] Ishikawa, Toru und D. R. Montello (2006). *Spatial knowledge acquisition from direct experience in the environment: Individual diVerences in the development of metric knowledge and the integration of separately learned places*. Cognitive Psychology, 52.

[Jackson 1996] Jackson, Paul (1996). *Driven to Distraction: In Search of Better Ways to Present Route Guidance Information*. In: *Transport Telematics and Road Safety: How Many Stand to Benefit ?*.

[Jansen-Osmann 1998] Jansen-Osmann, Petra (1998). *Kognition von Distanzen - Laborexperimentelle Untersuchungen in Virtuellen Räumen*. Dissertation, Gerhard-Mercator-Universität Duisburg.

[Klippel et al. 2004] Klippel, A., L. Knuf, B. Hommel und C. Freska (2004). *Perceptually Induced Distortions in Cognitive Maps*. In: *Spatial Cognition Conference 2004*.

[Kolb et al. 2003] Kolb, Helga, E. Fernandez und R. Nelson (2003). *Webvision - The Organization of the Retine and Visual System*. http://webvision.med.utah.edu/.

[Landau et al. 1981] Landau, Barbara, H. Gleitman und E. Spelke (1981). *Spatial Knowledge and Geometric Representation in a Child Blind from Birth*. Science, 213.

[Lay 2007] Lay, Rainer (2007). *Effiziente Umsetzung klinischer Studien mit modellorientierten und domänenspezifischen Methoden*. Dissertation, Universität Erlangen-Nürnberg.

[Löw 2004] Löw, Martina (2004). *Grundlagen der Stadt- und Raumforschung*. Präsentationsunterlage, Technische Universität Duisburg Wintersemester 2004/2005.

[Lynch 1960] Lynch, Kevin (1960). *The Image of the City*.

[MacEachren 1995] MacEachren, Alan M. (1995). *How Maps Work*.

[Mallot 2005] Mallot, Hanspeter A. (2005). *Kognitive Neurobiologie*. Skriptum Wintersemester 2005 Universität Tübingen.

[Miller 1956] Miller, George A. (1956). *The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information*. The Psychological Review, 63:81–97.

[Millonig 2005] Millonig, Alexandra (2005). *Menschliches Orientierungsverhalten*. Diplomarbeit, Technische Universität Wien.

[Montello 1998] Montello, Daniel R. (1998). *A New Framework in Understanding the Acquisition of Spatial Knowledge in Large Scale Environments*. In: Egenhofer, Max J. und R. G. Golledge, Hrsg.: *Spatial and Temporal Reasoning in Geographic Informationsystems*.

[Oehrli und Arn 2004] Oehrli, Markus und S. Arn (2004). *Kartengeschichte*. Lehrunterlage. Schule für Gestaltung Bern und Biel.

[Parush et al. 2007] Parush, Avi, S. Ahuvia und I. Erev (2007). *Degradation in Spatial Knowledge Acquisition When Using Automatic Navigation Systems*. In: *COSIT 2007 LNCS 4736*.

[Platzer 2005] Platzer, Edna (2005). *Spatial Cognition research: The human navigation process and its comparability in complex real and virtual environments*. Dissertation, Universität der Bundeswehr München.

[Presson und Montello 1988] Presson, C. und D. Montello (1988). *Points of reference in spatial cognition: Stalking the elusive landmark.*. British Journal of Developmental Psychology, 6.

[Richardson et al. 1999] Richardson, A., D. Montello und M. Hegarty (1999). *Spatial Knowledge Acquisition from Maps and from Navigation in Real and Virtual Environments*. In: *Memory & Cognition*.

[Schopenhauer 1813] Schopenhauer, Arthur (1813). *Über die vierfache Wurzel des Satzes vom zureichenden Grunde*.

[Seifert 2004] Seifert, Jörg (2004). *Phänomenologie der Raumorientierung. Zum Verhältnis von 'mental maps' und dreidimensional-perspektivischen, mentalen Bildeindrücken von Bewegungsräumen*. Wolkenkuckucksheim, Internationale Zeitschrift für Theorie und Wissenschaft der Architektur, 9(1).

[Sholl 1996] Sholl, M. Jeanne (1996). *From Visual Information to Cognitive Maps*. In: Portugali, J., Hrsg.: *The Construction of Cognitive Maps*.

[Smith 2000] Smith, Barry (2000). *Aristoteles 2000*. University at Buffalo.

[Statistik 2008a] Statistik, Austria (2008a). *Ein Blick auf die Gemeinde Maria Enzersdorf*.

[Statistik 2008b] Statistik, Austria (2008b). *Ein Blick auf die Gemeinde Mödling*.

[Tolman 1948] Tolman, Edward C. (1948). *Cognitive Maps in Rats and Men*. The Psychological Review, 55(4):189–208.

[Tversky 1993] Tversky, Barbara (1993). *Cognitive Maps, Cognitive Collages and Spatial Mental Models*. In: *Spatial Information Theory: A Theoretical Basis for GIS, Proceedings COSIT 1993*.

[Tversky 2000] Tversky, Barbara (2000). *Levels and structure of cognitive mapping*. In: Kitchin, R. und S. Freundschuh, Hrsg.: *Cognitive mapping: Past, present and future*.

[Van Asselen et al. 2006] Van Asselen, M., E. Fritschy und A. Postma (2006). *The influence of intentional and incidental learning on acquiring spatial knowledge during navigation*. Psychological research/Psychologische Forschung, 70(2).

[Waller und Lippa 2007] Waller, David und Y. Lippa (2007). *Landmarks as beacons and associative cues: Their role in route learning*. Memory and Cognition, 35(5).

[Young et al. 2008] Young, Mark S., N. A. Stanton, G. H. Walker, D. P. Jenkins und W. Smart (2008). *Where do we go from here? An assessment of navigation performance using a compass versus a GPS unit*. Cognition, Technology and Work, 10(3).

[Zimmer 2004] Zimmer, Hubert D. (2004). *The Construction of Mental Maps Based on a Fragmentary View of Physical Maps*. Journal of Educational Psychology, 98(3).

Abbildungsverzeichnis

1 'Dürerscheibe' (Quelle: aus 'Unterweysung der Messung', Dürer 1525) . 19
2 'Relativity' - M.C. Escher, 1953 23

3 Illustration zu Experiment v. Stevens u. Coupe (Reno-San Diego) 40
4 Kartographischer Kommunikationsprozess nach MacEachren 45
5 ENMS Modell 'Nüvi'- Fa. Garmin 51

6 Darstellung der ermittelten Bewertungsergebnisse für die Kartenskizzen 76
7 Von den Testpersonen wieder erkannte Details im Straßenraum 78
8 Verhältnis der Anzahl der Kartenkonsultationen zum jeweils erzielten Punkteergebnis 80
9 Verhältnis von Gesamtzeit zum jeweils erzielten Punkteergebnis 81
10 Abweichung der Teilnehmer bei Richtungsaufgabe 1 83
11 Abweichung der Teilnehmer bei Richtungsaufgabe 2 84
12 Abweichung der Teilnehmer bei der Aufgabe zur Einschätzung der Entfernung 85

A1 Teilnehmer 2, Durchgang 1 (ENMS) 101
A2 Teilnehmer 2, Durchgang 2 (Karte) 102
A3 Teilnehmer 3, Durchgang 1 (Karte) 103
A4 Teilnehmer 3, Durchgang 2 (ENMS) 104
A5 Teilnehmer 4, Durchgang 1 (Karte) 105
A6 Teilnehmer 4, Durchgang 2 (ENMS) 106
A7 Teilnehmer 5, Durchgang 1 (Karte) 107
A8 Teilnehmer 5, Durchgang 2 (ENMS) 108
A9 Übersicht Testgebiet 110
A10 Auswahl an verwendeten Bildkärtchen 111

A Anhang

Kartenskizzen

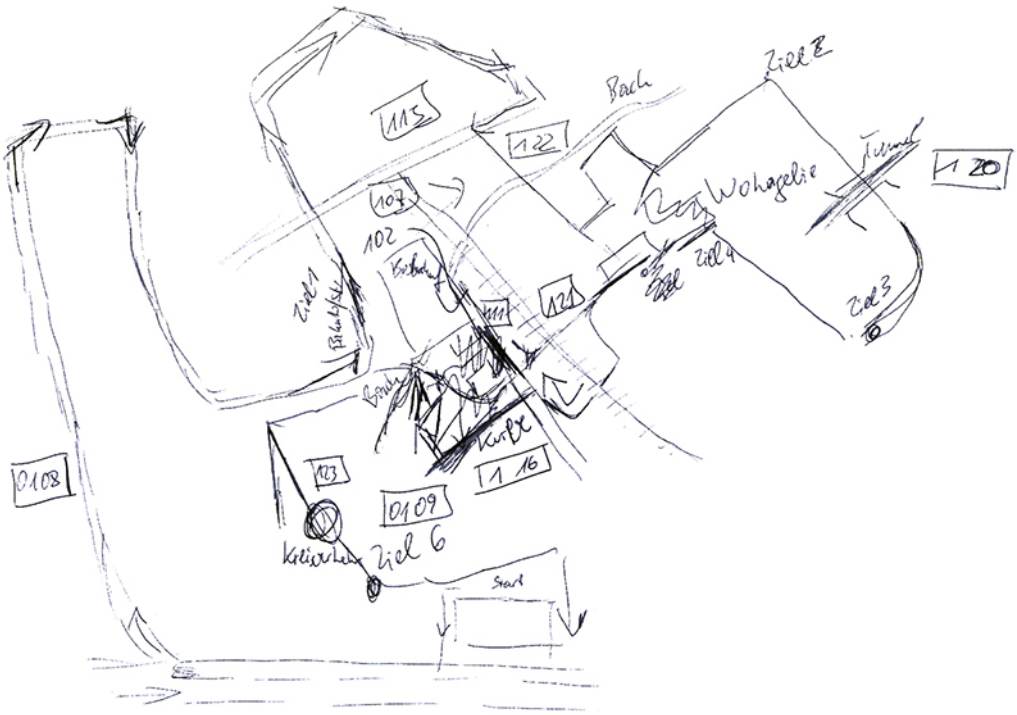


Abbildung A1: Teilnehmer 2, Durchgang 1 (ENMS)

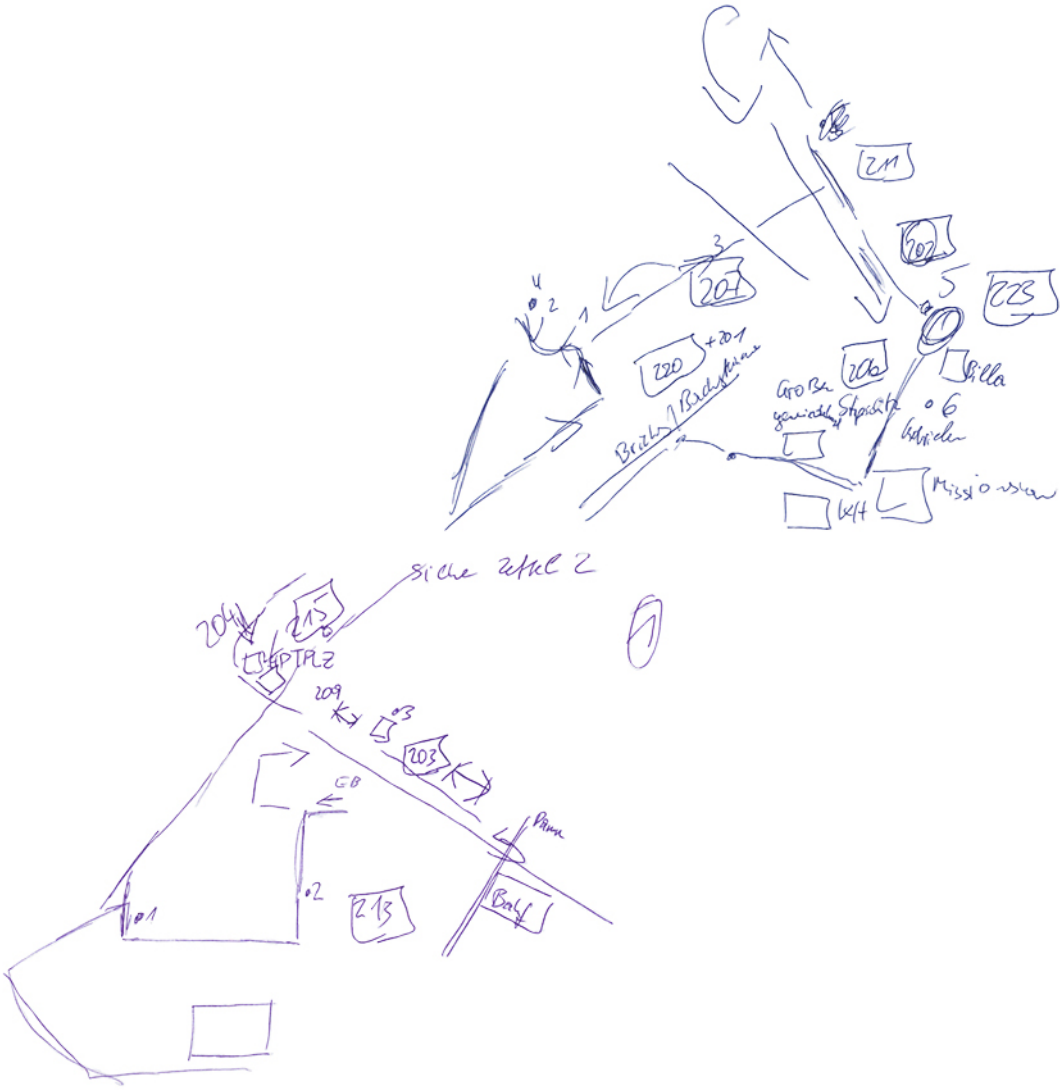


Abbildung A2: Teilnehmer 2, Durchgang 2 (Karte)

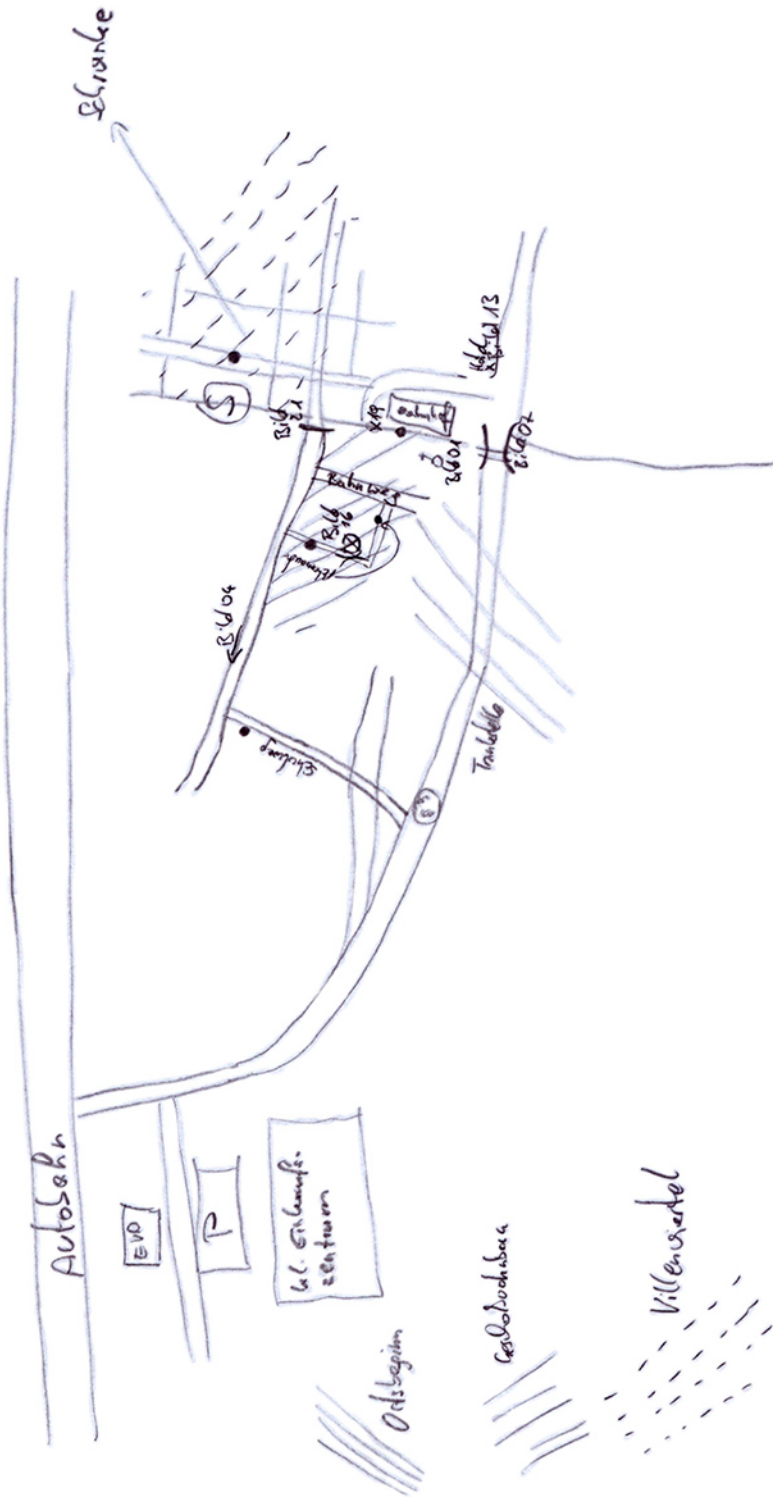


Abbildung A3: Teilnehmer 3, Durchgang 1 (Karte)

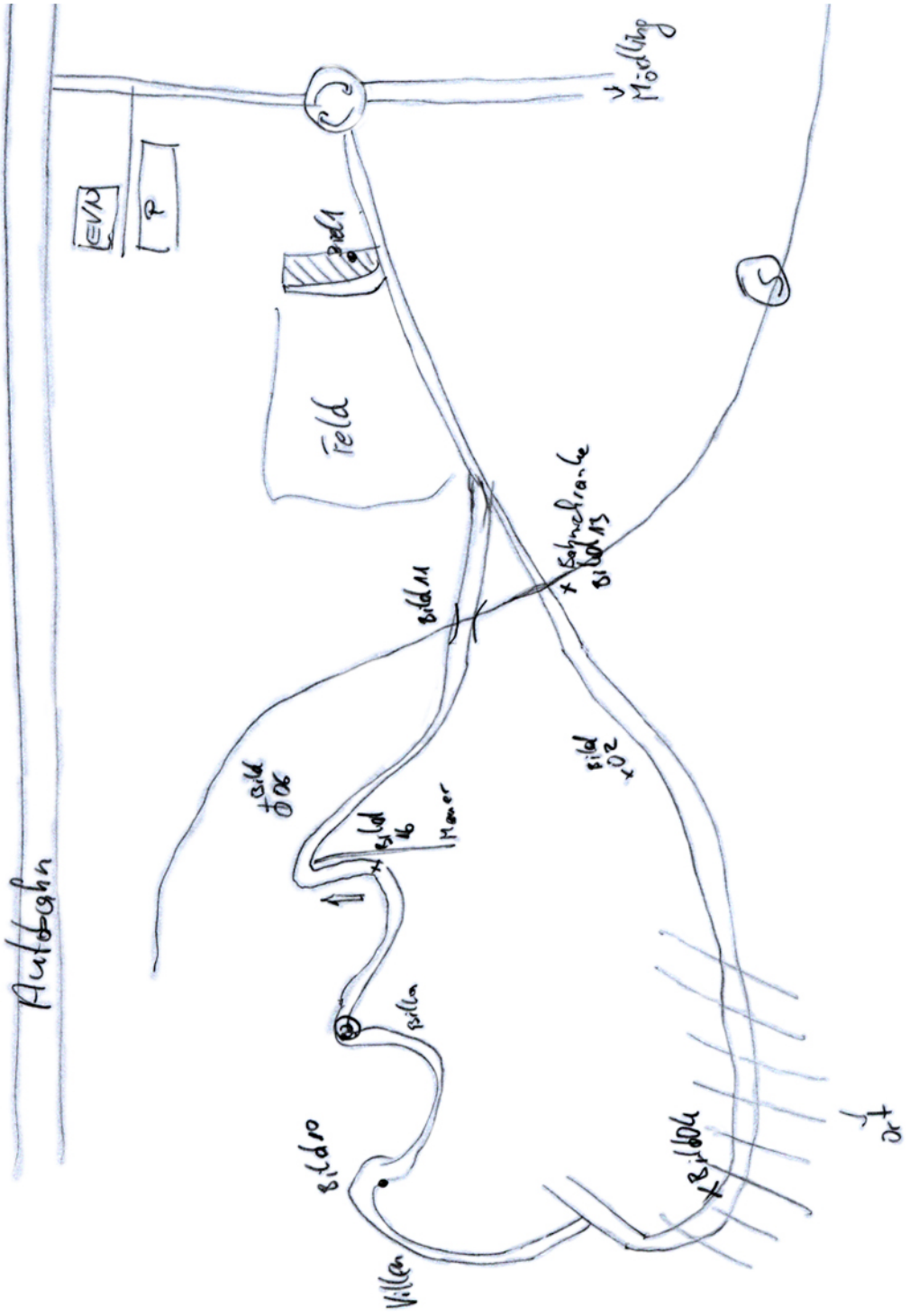


Abbildung A4: Teilnehmer 3, Durchgang 2 (ENMS)

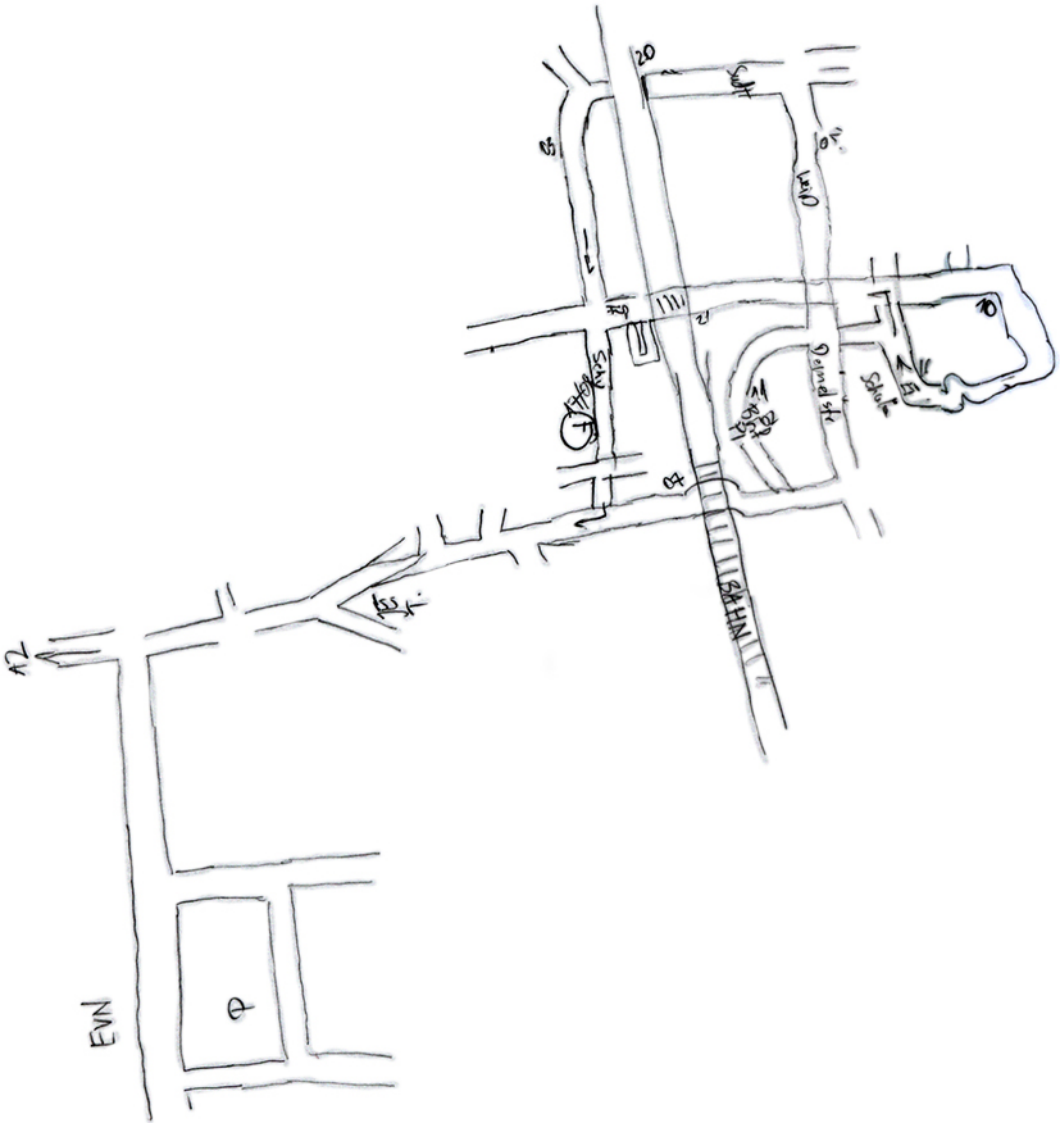


Abbildung A5: Teilnehmer 4, Durchgang 1 (Karte)

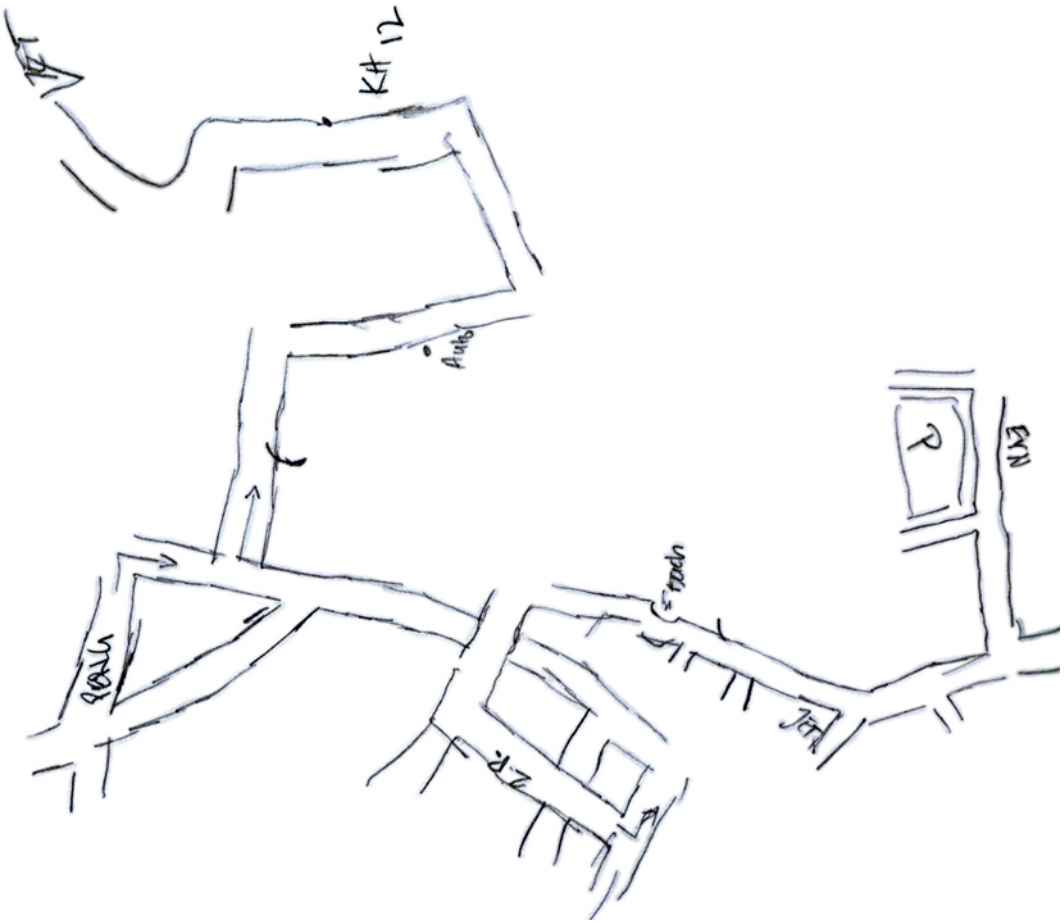


Abbildung A6: Teilnehmer 4, Durchgang 2 (ENMS)

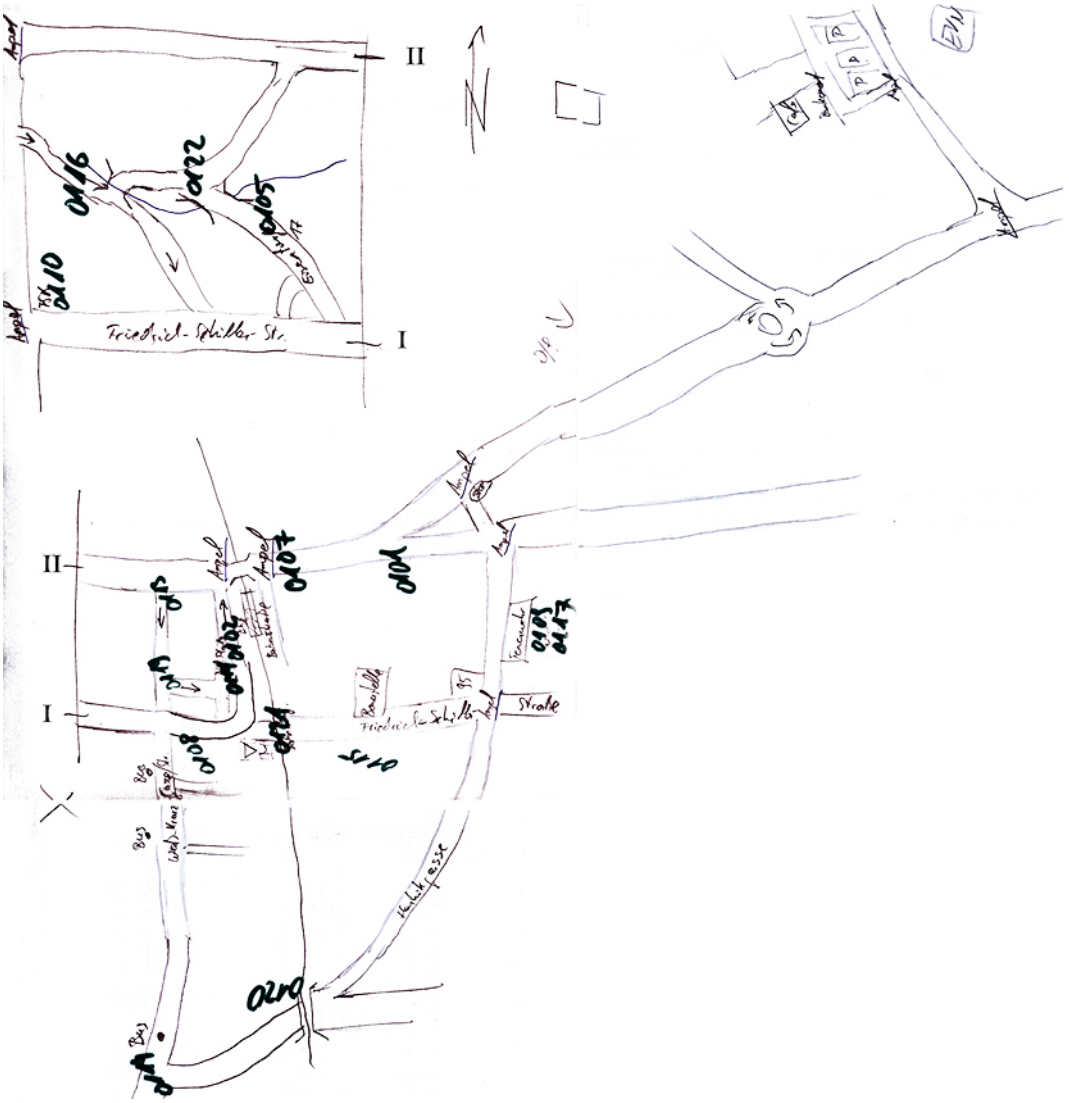


Abbildung A7: Teilnehmer 5, Durchgang 1 (Karte)

Abbildung A8: Teilnehmer 5, Durchgang 2 (ENMS)

Punkteschema

Bewertungsschema - Kartenskizzen

Abschnitt XY vorhanden?		
Erkennbar, richtig		2 Punkte
Erkennbar, fehlerhaft		1 Punkt
Nicht vorhanden		0 Punkte

Ist Abschnitt XY richtig mit benachbarten Abschnitten verknüpft?		
Ja, richtig verknüpft		2 Punkte
Ja, fehlerhaft		1 Punkt
Nein		0 Punkte

Winkelabweichung der Teilelemente in Abschnitt XY zueinander:		
Drehrichtung korrekt	< 22°	4 Punkte
	<45°	2 Punkte
	>45°	1 Punkt
Drehrichtung fehlerhaft	<10°	1 Punkt
	>10°	0 Punkte

Ähnlichkeit des Abschnitts XY - Realität	
Sehr hoch	3 Punkte
hoch	2 Punkte
gering	1 Punkt
sehr gering	0 Punkte

Wiedergabe Relationen, Längen	
Sehr hoch	3 Punkte
hoch	2 Punkte
gering	1 Punkt
sehr gering	0 Punkte

Übersicht Testgebiet

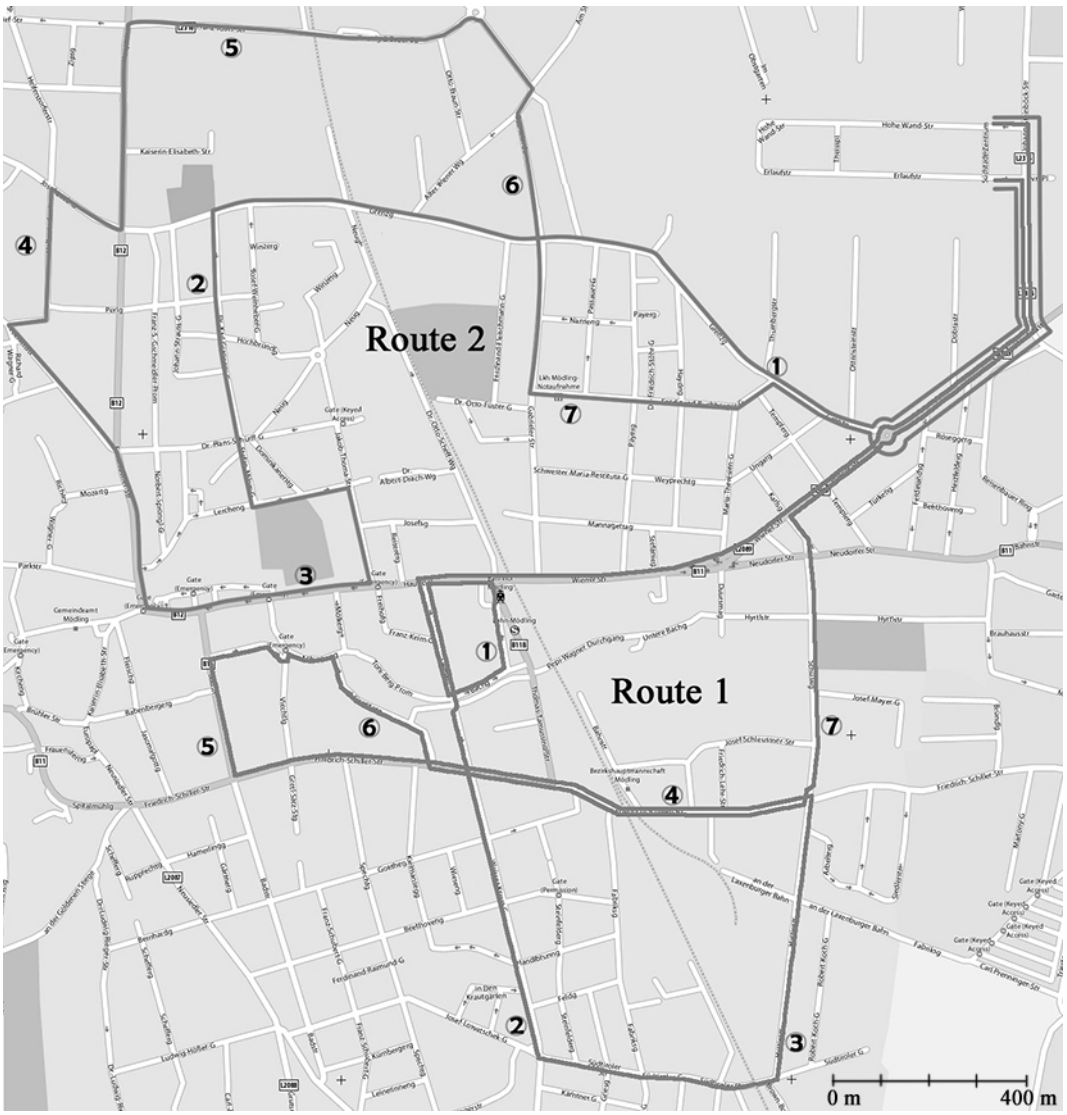


Abbildung A9: Testgebiet mit Wegpunkten. Die eingezeichneten Routen wurden durch das ENMS ermittelt.

Bildkärtchen

Abbildung A10: Auswahl an verwendeten Bildkärtchen

Fragebogen

Teilnehmernummer:
Datum/ Zeit:

Durchgang 1 – mit Navigationssystem? ☐

1) Zur Person

Geschlecht: ☐ weiblich ☐ männlich

Alter: .....

Studienrichtung: .....

Autotyp: .....

In welcher Wohnumgebung lebst du?

☐ großstädtisch ☐ städtisch ☐ ländlich

In welcher Umgebung bist du aufgewachsen?

☐ großstädtisch ☐ städtisch ☐ ländlich

Seit wann fährst du Auto? .....

Wie oft fährst du? ☐ fast täglich ☐ häufig ☐ gelegentlich ☐ selten

Nur für Teilnehmer die bei Durchgang 1 mit dem Navigationsgerät fahren:

Seit wann nutzt du Autonavigationssysteme: .....

Wie oft nutzt du sie? ☐ fast täglich ☐ häufig ☐ gelegentlich ☐ selten

Wie gut schätzt du dich selber ein:

	sehr gut	gut	eher gut	eher schlecht	schlecht	sehr schlecht
- Autofahren:	☐	☐	☐	☐	☐	☐
- Orientierungssinn:	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Bitte reihe die folgenden Orientierungshilfen nach deiner Präferenz; d.h. wenn alles gleichermaßen verfügbar ist, was wäre dir am liebsten (=1), am zweitliebsten (=2), …?

Navigationssystem ☐

Routenplaner (Internet-Wegbeschreibung) ☐

Stadtplan, Karte ☐

Hinweisschilder ☐

Anweisungen vom Beifahrer ☐

jemanden nach dem Weg fragen ☐

2) Aufgaben Durchgang 1

Bitte gib für jede Frage eine Bewertung zwischen 1 und 6 ab.
(1 = beste Wertung; 6 = schlechteste Wertung)

Wie wohl hast du dich während
der Erfüllung der Aufgaben gefühlt?

Wie sehr hast du dich beeinträchtigt gefühlt:
(„sehr" – „gar nicht")

- durch andere Verkehrsteilnehmer?
- durch die Beobachtungssituation?

Wie effizient konntest du die Aufgaben mit
dem Hilfsmittel bewältigen?

Wie komplex fandest du die Aufgaben?
(„sehr" – „gar nicht")

Wie hoch ist dein Vertrauen in deine
Fähigkeit im Umgang mit dem Hilfsmittel?

Wie hoch ist dein Vertrauen in die
Verlässlichkeit des Hilfsmittels?

Wie vertraut fühlst du dich jetzt mit
der Umgebung?

Wie gut würdest du jetzt ohne Hilfsmittel
zum Zielpunkt XY finden?

Nach welchen Kriterien hast du die Routen bestimmt (z.B. direkt, möglichst wenig abbiegen, einfach zu finden, wenig Verkehr, …) (Nur für Kartendurchgänge!):

Bitte beschreibe deine Route zum ersten Zielpunkt:

Bitte beschreibe deine Route vom vorletzten zum letzten Zielpunkt:

Bitte beschreibe alle hervorstechenden Objekte / Einrichtungen / Plätze / Strukturen/ etc., an denen du vorbeigekommen bist und an die du dich noch erinnern kannst:

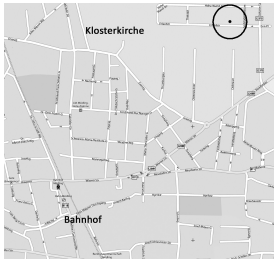
3) Anfertigen der Skizze des Untersuchungsgebietes f. Durchgang 1

4) Abfragen der Landmarks (Bildkärtchen)

!Achtung: Beiblatt!

5) Schätzaufgaben Durchgang 1

Bitte gib die Richtung an, in der deiner Meinung nach der Bahnhof liegt:
Vom Beobachter in die Karte einzuzeichnen!



Bitte gib die schätzungsweise Entfernung vom Startpunkt zum Bahnhof an.

Luftlinie:

Fahrzeit:

Weiter zu Durchgang 2

Durchgang 2 – mit Navigationssystem? ☐

6) Aufgaben Durchgang 2

Wie wohl hast du dich während
der Erfüllung der Aufgaben gefühlt?

Im Vergleich zum ersten Durchgang? ☐ besser ☐ schlechter

Wie sehr hast du dich beeinträchtigt gefühlt:
(„sehr" – „gar nicht")

- durch andere Verkehrsteilnehmer?

  Im Vergleich zum ersten Durchgang? ☐ mehr ☐ weniger

- durch die Beobachtungssituation?

  Im Vergleich zum ersten Durchgang? ☐ mehr ☐ weniger

Wie effizient konntest du die Aufgaben mit
dem Hilfsmittel bewältigen?

Im Vergleich zum ersten Durchgang? ☐ besser ☐ schlechter

Wie komplex fandest du die Aufgaben?
(„sehr" – „gar nicht")

Im Vergleich zum ersten Durchgang? ☐ komplexer ☐ weniger kompl.

Wie hoch ist dein Vertrauen in deine
Fähigkeit im Umgang mit dem Hilfsmittel?

Im Vergleich zum ersten Durchgang? ☐ höher ☐ niedriger

Wie hoch ist dein Vertrauen in die
Verlässlichkeit des Hilfsmittels?

Im Vergleich zum ersten Durchgang? ☐ höher ☐ niedriger

Wie vertraut fühlst du dich jetzt mit
der Umgebung?

Im Vergleich zum ersten Durchgang? ☐ besser ☐ schlechter

Wie gut würdest du jetzt ohne Hilfsmittel
zum Zielpunkt XY finden?

Im Vergleich zum ersten Durchgang? ☐ besser ☐ schlechter

Nach welchen Kriterien hast du die Routen bestimmt (z.B. direkt, möglichst wenig abbiegen, einfach zu finden, wenig Verkehr, …) (Nur für Kartendurchgänge!):

Bitte beschreibe deine Route zum ersten Zielpunkt:

Bitte beschreibe deine Route vom vorletzten zum letzten Zielpunkt:

Bitte beschreibe alle hervorstechenden Objekte / Einrichtungen / Plätze / Strukturen/ etc., an denen du vorbeigekommen bist und an die du dich noch erinnern kannst:

7) Anfertigen der Skizze des Untersuchungsgebietes f. Durchgang 2

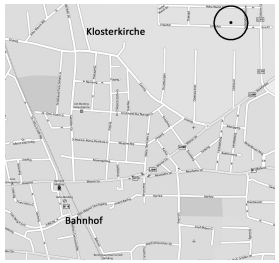
8) Abfragen der Landmarks (Bildkärtchen)

!Achtung: Beiblatt!

9) Schätzaufgaben Durchgang 2

Bitte gib die Richtung an, in der deiner Meinung nach die Mission St. Gabriel (Klosterkirche) liegt:

Vom Beobachter in die Karte einzuzeichnen!



Bitte gib die schätzungsweise Entfernung vom Startpunkt zur Mission St. Gabriel (Klosterkirche) an.

Luftlinie:

Fahrzeit: